

Gioce Alne Girola Berns

## **PROJETO DOS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA E BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO EM UMA UNIDADE DE ENSINO DE SUINOCULTURA EM FLORIANÓPOLIS**

Florianópolis  
2018



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

Gioce Alne Girola Berns

**PROJETO DOS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR PARA  
AQUECIMENTO DE ÁGUA E BOMBEAMENTO  
FOTOVOLTAICO EM UMA UNIDADE DE ENSINO DE  
SUINOCULTURA EM FLORIANÓPOLIS**

Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina como parte  
dos requisitos para Conclusão do  
Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental.  
Orientador: Prof. Dr. Ramon Lucas  
Dalsasso

Florianópolis  
2018

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do  
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.**

Berns, Gioce Alne Girola  
Projeto dos Sistemas de Energia Solar para  
Aquecimento de Água e Bombeamento Fotovoltaico em uma  
Unidade de Ensino de Suinocultura em Florianópolis /  
Gioce Alne Girola Berns ; orientador, Ramon Lucas  
Dalsasso, 2018.  
146 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro  
Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2.  
Aquecimento Solar de Água. 3. Bombeamento  
Fotovoltaico. 4. Energia Solar. I. Dalsasso, Ramon  
Lucas. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III.  
Título.

Gioce Alne Girola Berns

**PROJETO DOS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR PARA  
AQUECIMENTO DE ÁGUA E BOMBEAMENTO  
FOTOVOLTAICO EM UMA UNIDADE DE ENSINO DE  
SUINOCULTURA EM FLORIANÓPOLIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado,  
em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

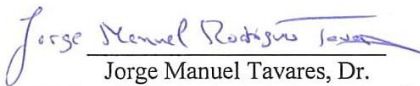
Florianópolis, 27 de Junho de 2018.

**Banca Examinadora:**



Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.  
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Jorge Manuel Tavares, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Sebastião Ferreira Magagnin, MSc.  
Universidade Federal de Santa Catarina



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Joice Girola e Silvestre Berns, por todos ensinamentos e princípios que me foram passados. Obrigada pelo carinho, dedicação e por sempre acreditarem em mim.

À minha irmã, Jode Berns, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e ajudando nos momentos mais difíceis. Você é o meu maior exemplo e motivação!

Ao Professor Ramon Dalsasso, por toda compreensão, ensinamentos e considerações, não só neste trabalho, mas no decorrer da minha graduação.

Aos orientadores da equipe de projeto, Jorge Tavares e Sebastião Magagnin, por todas as sugestões e contribuições durante o trabalho, as quais foram essenciais para a conclusão do mesmo.

Aos meus colegas integrantes do projeto, que colaboraram através do compartilhamento de informações e dados. Em especial, as minhas colegas Natália Guarezi e Marina Laus, que ingressaram comigo neste projeto, contribuindo desde o início para a concretização do mesmo.

Aos meus amigos, que foram companheiros durante toda minha jornada, com momentos de apoio e descontração.

Por fim, agradeço a todos que participaram e contribuíram, direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

Muito obrigada!

*“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e consciente”.*

(Silvado Filho)

## RESUMO

O uso da energia solar para atender às necessidades energéticas da população representa uma alternativa promissora na busca por ambientes energeticamente sustentáveis. O Brasil detém de uma ampla disponibilidade de irradiação solar, se comparado com outras localidades, representando um forte potencial na produção de energia solar. Em vista disso, os sistemas fotovoltaicos e de aquecimento solar vem se tornando uma tecnologia energética bastante eficiente no setor hidráulico. O presente trabalho teve como objetivo projetar um sistema de aquecimento solar de água para consumo humano e um sistema solar fotovoltaico para efetuar o bombeamento de água e efluentes em uma Unidade de Ensino de Suinocultura (UES) na Fazenda Experimental da Ressacada – CCA/UFSC, em Florianópolis/SC. O alvo desta pesquisa foi agregar práticas inovadoras de manejo de suínos com a eficiência do uso de energias renováveis e tecnologias ambientalmente sustentáveis. Como resultados, o Sistema de Aquecimento Solar (SAS) projetado compreendeu dois reservatórios térmicos de 1000 L e oito coletores solares de 30 tubos. O bombeamento hidráulico foi projetado para operar através de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), cuja potência total projetada foi de 600 W. Para suprir essa potência, deverão ser instalados dois módulos fotovoltaicos conectados em paralelo. Foi necessário um inversor de 500 W para conversão da energia elétrica de corrente contínua (c.c.) em corrente alternada (c.a.). As implantações do projeto do SAS e do sistema fotovoltaico se mostraram atrativas sob a perspectiva econômica. Em um período de investimento de 20 anos, obteve-se um tempo de retorno de quatro anos e oito meses para o SAS e de oito anos e seis meses para o sistema fotovoltaico. Em termos de benefícios ambientais, constatou-se que no período de um ano a UES reduzirá, a partir do aproveitamento do recurso solar, um total de 0,64 toneladas de CO<sub>2</sub>. Analisando o benefício ambiental durante 20 anos, 12,79 toneladas de CO<sub>2</sub> deixarão de ser lançadas na atmosfera. Diante dos fatos expostos, pode-se concluir que as implantações dos projetos de aquecimento solar e bombeamento fotovoltaico mostraram-se atrativas do ponto de vista econômico e ambiental.

**Palavras-chave:** Aquecimento Solar de Água. Bombeamento Fotovoltaico. Energia Solar.





## ABSTRACT

The use of solar energy to meet the energy need of the population represents a promising alternative in the search for sustainable environments. Brazil have a wide availability of solar irradiation, if compared with other localities, representing a strong potential in the production of solar energy. In view of this, the photovoltaic and solar heating systems is becoming a energetic technology very efficient in the hydraulic sector. This papers aims to project a solar heating system of water for human consumption and a photovoltaic solar system to make the pumping of water and effluent in a Suinoculture Teaching Unit (STU) in the experimental farm of Ressacada – CCA/UFSC, in Florianópolis/SC. The target of this research was to aggregate innovative practices of pork management with the efficiency of the use of renewable energies and environment sustainable. As results, the projected Solar Heating System comprised two thermic reservoir of 1000 L and eight solar collectors of 30 tubes. The hydraulic pumping was projected to operate through of a Grid-Connected Photovoltaic System, whose total projected potency was of 600W. To supply this potency, should be installed two photovoltaic modules connected in parallel. Was necessary one inverter of 500 W to the conversion of the electrical energy of direct current in alternating current. The implementations of the project STU and of the photovoltaic system showed to be attractive from the economical perspective. In a investment period of 20 years, it was obtained a return time of four years and eight months to the STU and eight years and six months to the photovoltaic system. In terms of environmental benefits, it was found that in the period of one year, the STU will reduce, from the exploitation of the solar resource, a total of 0,64 tons of CO<sub>2</sub>. Analyzing the environmental benefits during 20 years, 12,79 tons of CO<sub>2</sub> will not be released in the atmosphere. The facts exposed, it can be concluded that the implementations of solar heating and photovoltaic pumping projects showed to be attractive on the economic and environmental view.

**Keywords:** Water Solar Heating. Photovoltaic Pumping. Solar Energy



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da UES. ....	25
Figura 2 – Radiação solar global diária, média anual. ....	30
Figura 3 – Componentes do sistema de aquecimento solar. ....	32
Figura 4 – Projeção de unidades consumidoras que adotariam a microgeração solar fotovoltaica. ....	36
Figura 5 – Esquema da configuração do sistema de bombeamento fotovoltaico. ....	40
Figura 6 – Evolução das emissões líquidas de CO <sub>2</sub> no Brasil. ....	47
Figura 7 – Fluxograma das etapas da metodologia. ....	49
Figura 8 – Representação do ponto de trabalho de uma bomba hidráulica. ....	63
Figura 9 – Evolução do fator médio anual de emissões de CO <sub>2</sub> (2006-2017). ....	70
Figura 10 – Esquema do arranjo dos coletores solares. ....	74
Figura 11 – Esquema de instalação dos bicos aspersores: arcos de desinfecção. ....	75
Figura 12 – Esquema de instalação dos bicos aspersores: sistema de nebulização. ....	76
Figura 13 – Esquema de instalação da bomba dosadora. ....	77
Figura 14 – Esquema da instalação do controle de nível. ....	78
Figura 15 – Esquema do arranjo dos módulos fotovoltaicos. ....	85
Figura 16 – <i>Payback</i> Descontado projetado para o SAS. ....	90
Figura 17 – <i>Payback</i> Descontado projetado para o sistema de bombeamento fotovoltaico. ....	93



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de projeto: quadro de funcionários e alunos em visita	51
Tabela 2 – Variáveis de projeto: consumo de água quente para banho.	51
Tabela 3 – Demandas de bombeamento: volume, vazão, tempo e frequência.	52
Tabela 4 – Vazão dos bicos aspersores.	54
Tabela 5 – Reservatórios superiores.	55
Tabela 6 – Dados da Estação de Irradiação Solar de Florianópolis.	57
Tabela 7 – Dados da Irradiação Solar Diária Média na Fazenda Ressacada.	57
Tabela 8 – Inclinações ótimas para cada sistema solar.	71
Tabela 9 – Orientações dos galpões em relação ao norte geográfico.	71
Tabela 10 – Parâmetros de entrada para dimensionamento do SAS.	72
Tabela 11 – Resultados do dimensionamento do SAS.	73
Tabela 12 - Níveis de água para acionamento das bombas.	79
Tabela 13 – Conjuntos motobombas.	81
Tabela 14 – Cálculo da demanda do sistema fotovoltaico.	83
Tabela 15 – Cálculo do número de módulos fotovoltaicos.	84
Tabela 16 – Quantitativo de materiais: sistema de aquecimento solar.	85
Tabela 17 – Custos de manutenção dos sistemas.	86
Tabela 18 – Custos de investimento do sistema de aquecimento solar.	87
Tabela 19 – Cálculo do consumo energético do sistema de aquecimento solar.	88
Tabela 20 – Fluxo de caixa projetado para o sistema de aquecimento solar.	89
Tabela 21 – Custos totais de investimento do Sistema Fotovoltaico.	90
Tabela 22 – Cálculo do consumo energético do sistema de bombeamento fotovoltaico.	91
Tabela 23 – Fluxo de caixa projetado para o sistema de bombeamento fotovoltaico.	92
Tabela 24 – Cálculo da redução de CO <sub>2</sub> .	94



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BEN – Balanço Energético Nacional  
c.a. – corrente alternada  
c.c. – corrente contínua  
CC – Ciclo Completo  
CCA – Centro de Ciências Agrárias  
DPS – dispositivos de proteção contra surto  
DZDR – Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural  
ENS – Engenharia Sanitária e Ambiental  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.  
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo  
MIGDI – Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica  
MPPT – Maximum Power Point Tracker  
PR – Performance Ratio  
SAS – Sistema de Aquecimento Solar  
SFCR – Sistema fotovoltaico conectado à rede  
SFI – Sistema fotovoltaico isolado  
SFV – Sistema Fotovoltaico  
SIGFI – Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente  
TIR – Taxa Interna de Retorno  
TMA – Taxa Mínima de Atratividade  
TRC – Tempo de Retorno do Capital  
UES – Unidade de Ensino em Suinocultura  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
UPL – Unidade de Produção de Leitões  
UT – Unidade de Terminação  
VPL – Valor Presente Líquido





## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – TCC's integrados ao projeto da UES. ....	26
Quadro 2 – Descrição dos componentes do projeto de estruturação da UES. ....	50
Quadro 3 – Tarifa Horária Verde (sem tributos). ....	69



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	23
1.2	ENQUADRAMENTO .....	25
1.3	OBJETIVOS .....	26
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo principal .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
2.1	SUINOCULTURA.....	27
2.1.1	Manejo de Suínos .....	27
2.1.2	Consumo de Energia Elétrica na Suinocultura .....	28
2.1	ENERGIA SOLAR .....	29
2.1.1	Radiação Solar.....	29
2.1.2	Aproveitamento da energia solar.....	31
2.2	SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR .....	31
2.2.1	Funcionamento do sistema de aquecimento solar .....	32
2.2.2	Alternativas de coletores solares .....	33
2.2.3	Aplicações da tecnologia .....	34
2.3	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	35
2.3.1	Breve histórico.....	35
2.3.2	Tendências futuras.....	36
2.3.3	Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos .....	36
2.3.4	Posicionamento dos painéis solares .....	38
2.4	SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO .....	39
2.4.1	Configuração do sistema de bombeamento .....	40
2.4.2	Aplicações da tecnologia .....	44
2.5	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	45
2.5.1	Matriz Energética no Brasil .....	45
2.5.2	Tarifa de energia elétrica.....	46

2.5.3	<b>Emissão de Carbono .....</b>	<b>46</b>
2.6	<b>INDICADORES DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....</b>	<b>47</b>
3	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>49</b>
3.1	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>49</b>
3.1.1	<b>Fazenda Experimental da Ressacada.....</b>	<b>49</b>
3.1.2	<b>Projeto de Extensão - Unidade de Ensino de Suinocultura 50</b>	
3.2	<b>PARÂMETROS DE PROJETO .....</b>	<b>51</b>
3.2.1	<b>Quadro de funcionários e alunos .....</b>	<b>51</b>
3.2.2	<b>Demandas de projeto .....</b>	<b>51</b>
3.2.3	<b>Inclinação ótima dos painéis e coletores solares.....</b>	<b>56</b>
3.2.4	<b>Temperatura e irradiação .....</b>	<b>56</b>
3.3	<b>SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR.....</b>	<b>57</b>
3.3.1	<b>Dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar.....</b>	<b>57</b>
3.3.2	<b>Seleção dos coletores solares .....</b>	<b>60</b>
3.4	<b>SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>61</b>
3.4.1	<b>Dimensionamento do conjunto motobomba .....</b>	<b>61</b>
3.4.2	<b>Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos .....</b>	<b>64</b>
3.4.3	<b>Dimensionamento do inversor .....</b>	<b>67</b>
3.5	<b>ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>68</b>
2.6.1	<b>Indicadores de viabilidade econômica .....</b>	<b>68</b>
2.6.2	<b>Tarifa de energia elétrica .....</b>	<b>69</b>
3.6	<b>ANÁLISE AMBIENTAL.....</b>	<b>70</b>
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>71</b>
4.1	<b>PARÂMETROS GERAIS .....</b>	<b>71</b>
4.1.1	<b>Inclinação dos telhados.....</b>	<b>71</b>
4.1.2	<b>Orientação para o norte geográfico.....</b>	<b>71</b>
4.2	<b>SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR.....</b>	<b>72</b>
4.2.1	<b>Dados de entrada .....</b>	<b>72</b>
4.2.2	<b>Coletor solar .....</b>	<b>72</b>

4.2.3	<b>Reservatório Térmico .....</b>	<b>73</b>
4.2.4	<b>Arranjo do sistema de aquecimento solar .....</b>	<b>73</b>
4.3	<b>SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>74</b>
4.3.1	<b>Conjuntos motobombas .....</b>	<b>75</b>
4.3.2	<b>Dimensionamento dos sistemas de recalque .....</b>	<b>80</b>
4.3.3	<b>Dimensionamento do sistema fotovoltaico .....</b>	<b>82</b>
4.4	<b>QUANTITATIVO DE MATERIAIS .....</b>	<b>85</b>
4.5	<b>ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>86</b>
4.5.1	<b>Sistema de Aquecimento Solar .....</b>	<b>87</b>
4.5.2	<b>Sistema Fotovoltaico .....</b>	<b>90</b>
4.6	<b>ANÁLISE AMBIENTAL .....</b>	<b>93</b>
5	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>95</b>
6	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE A – Projeto do Sistema de Aquecimento Solar (SAS): Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICE B – Projeto do Sistema de Aquecimento Solar (SAS): Corte A, Corte B .....</b>	<b>108</b>
	<b>APÊNDICE C – Projeto de Recalque dos Arcos de Desinfecção: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes. ....</b>	<b>109</b>
	<b>APÊNDICE D – Casas de Bombas: Plantas Baixas, Cortes .....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE E – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de Geração: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE F – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de Creche: Planta Baixa, Detalhe Isométrico.. ....</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICE G – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de Terminação: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE H – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade de Acesso: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .. ....</b>	<b>114</b>

<b>APÊNDICE I – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade de Geração: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE J – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade de Maternidade: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE K – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade de Creche: Planta Baixa, Detalhe Isométrico..</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE L – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade de Terminação: Planta Baixa, Detalhe Isométrico .....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE M – Projeto de Recalque da Estação de Tratamento de Esgotos: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes .....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE N – Projeto de Recalque de Dejetos - Estação Elevatória: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes ...</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE O – Projeto de Recalque de Dejetos - Estação de Tratamento: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes .....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICE P – Dimensionamento dos sistemas de recalque.....</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE Q – Curvas do Sistema X Curvas da Bomba .....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE R – Quantitativo de materiais dos conjuntos motobomba e sistema fotovoltaico.....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO A – Localização dos arcos de desinfecção.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO B – Especificações técnicas dos fabricantes.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO C – Tabela de perdas de carga localizadas.....</b>	<b>146</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Sol é considerado a fonte de energia mais relevante no planeta Terra, visto que todas as formas de vida dependem da sua energia, direta ou indiretamente. Além de ser fonte de luz e calor, o sol atua em diversos processos do planeta, como no movimento da atmosfera, na formação de padrões climáticos e na realização da fotossíntese. Todavia, além da fotossíntese, a energia proveniente do Sol também pode ser capturada de outras formas. (PINHO; GALDINO, 2014). A produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos e o aquecimento de água são exemplos do aproveitamento da energia solar para atender às demandas energéticas da sociedade.

O rendimento dos sistemas de energia solar depende de uma série de fatores, como radiação local, área requerida para instalação e recursos econômicos disponíveis. A intensidade de radiação solar é o principal parâmetro para o dimensionamento dos sistemas de energia solar, já que está diretamente relacionada com a eficiência dos dispositivos (RÜTHER, 2004). Em vista disso, fica evidente que em locais com maior insolação ao longo do ano a aplicação da tecnologia se torna mais promissora. No Brasil, a irradiação solar incide sobre o território em altas taxas, tornando-o um grande potencial na produção de energia solar. (PINHO; GALDINO, 2014).

Em 1876 foi projetado o primeiro dispositivo solar fotovoltaico e em meados da década de 50 deu-se início à produção do sistema em escala industrial (CRESESB, 2006). A crise do petróleo na década de 70, a redução da emissão de gases de efeito estufa para amenizar os impactos ambientais e a redução do preço da célula fotovoltaica ao longo dos anos foram aspectos determinantes para um incremento no interesse em aplicações da energia solar fotovoltaica (CRESESB, 2006; PINHO; GALDINO, 2014). Outro fator que culminou no aumento da procura por sistemas de energia solar foi a crescente preocupação mundial com tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Os sistemas solares fotovoltaicos são projetados para resistir às mais diversas intempéries, requerem pouca manutenção e podem operar de forma satisfatória por longos períodos. O emprego da energia solar fotovoltaica apresenta um conjunto de outras vantagens: não gera poluente, é uma fonte inesgotável e sustentável, pode ser implantada em



praticamente todas as localidades e representa uma excelente solução para locais de difícil acesso. (SOUZA, s.d.)

Os sistemas de bombeamento solar de água constituem uma das principais aplicações da energia solar no setor hidráulico. Pinho e Galdino (2014) salientam que os dispositivos solares são capazes de bombear água e fluidos para diversos fins, como sistemas de irrigação, águas de abastecimento, uso residencial, entre outros.

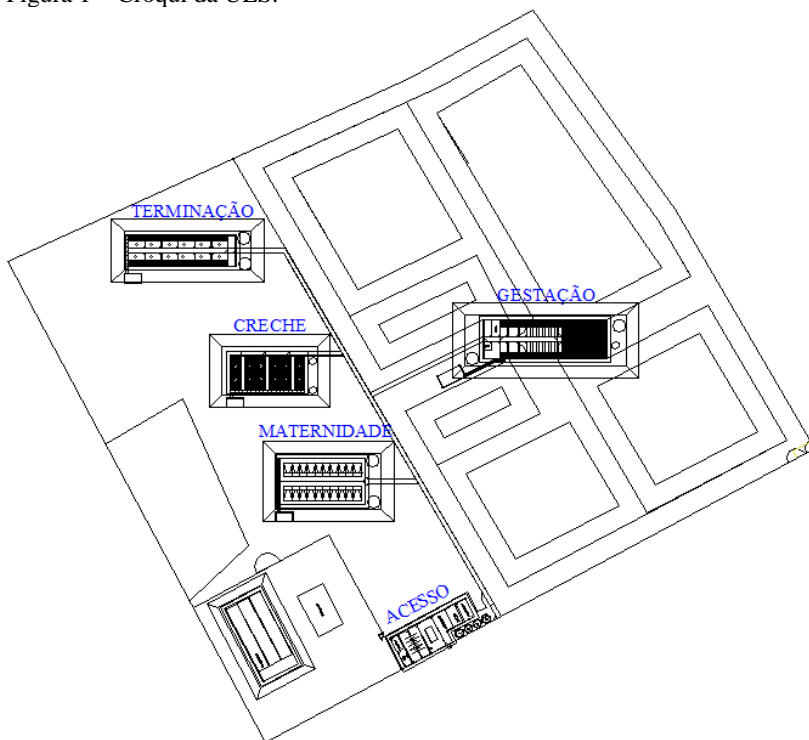
O aumento da acessibilidade aos equipamentos de energia solar vem tornando esta uma grande alternativa para diminuir os custos dos produtores rurais, principalmente de suinocultores, cujas atividades necessitam de grandes consumos de energia.

O uso de energias renováveis associado ao bem-estar animal e uma gestão eficiente do empreendimento influenciam na competitividade dos produtores de carne suína. Atualmente, nota-se uma crescente preocupação mundial no consumo de carnes suínas oriundas de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos. (SANTOS, 2004)

A partir dessas premissas, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um projeto sustentável de aproveitamento de energia solar para aquecimento de água para consumo humano e bombeamento de água e efluentes. A pesquisa teve como premissa básica o auxílio a criação de uma Unidade de Ensino de Suinocultura (UES), para apoio ao ensino, pesquisa e extensão multidisciplinar, na Fazenda Experimental da Ressacada – CCA/UFSC, em Florianópolis/SC.

A Figura 1 ilustra o croqui da UES com suas principais estruturas.

Figura 1 – Croqui da UES.



Fonte: HAUPTLI (2017).

## 1.2 ENQUADRAMENTO

O presente trabalho faz parte de um projeto integrado de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que teve como objetivo associar práticas inovadoras de manejo de suínos com a eficiência do uso de energias renováveis e tecnologias ambientalmente sustentáveis. Ao todo, seis projetos de conclusão de curso contribuíram para o projeto da UES. Cada trabalho abrange um tema específico, conforme listado no Quadro 1.

Quadro 1 – TCC's integrados ao projeto da UES.

<b>Autor</b>	<b>Tema</b>
Bruno Henrique Schappo Santos	Projeto de Sistema Descentralizado de Tratamento de Esgoto Sanitário de Unidade de Ensino de Produção Animal
Gioce Alne Girola Berns	Projeto dos Sistemas de Energia Solar para aquecimento de água e bombeamento fotovoltaico em uma Unidade de Ensino em Suinocultura em Florianópolis
Henrique Graciano Nunes	Manejo dos Efluentes Oriundos da Unidade de Ensino de Suinocultura da Ressacada - UFSC.
Marina Costa Laus	Projeto dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e Efluentes em uma Unidade de Ensino em Suinocultura em Florianópolis
Natália Julia Guarezi	Projeto dos Sistemas Prediais de Água Fria e Quente em uma Unidade de Ensino de Suinocultura em Florianópolis
Willy Victor Bonissoni da Silva	Recomendações para um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Unidade de Ensino de Suinocultura em Florianópolis

Fonte: Desenvolvido pela autora; HAUPTLI (2017).

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo principal

Projetar sistemas de aproveitamento de energia solar para aquecimento de água e bombeamento de água e efluentes em uma Unidade de Ensino de Suinocultura.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- i. Projetar um sistema de aquecimento solar de água para consumo humano;
- ii. Projetar um sistema de bombeamento fotovoltaico de água e efluentes;
- iii. Avaliar, sob a ótica técnica e econômica, a viabilidade de implantação dos sistemas de aproveitamento de energia solar.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 SUINOCULTURA**

A fonte de proteína animal mais consumida no mundo é a carne suína, abrangendo cerca de metade da produção e do consumo de carnes. O Brasil é considerado o quarto maior produtor mundial, atrás apenas da China, da União Europeia e dos Estados Unidos da América. (EMBRAPA, 2006)

A prática da suinocultura ocorre com maior ou menor intensidade dependendo da região do país, sendo que 49,9% do efetivo nacional se concentram na Região Sul. Considerando apenas o estado de Santa Catarina, ano de 2016, foi contabilizado um efetivo de 6,89 milhões de suínos, representando 17,2% da produção nacional. (IBGE, 2016)

#### **2.1.1 Manejo de Suínos**

Nos últimos anos, a preocupação com o bem-estar dos animais tem provocado mudanças na suinocultura no mundo todo. O princípio do bem-estar animal se baseia no respeito a cinco liberdades, que são: fisiológica (livre de sede, fome e má-nutrição); ambiental (edificações adaptadas); sanitária (livre de fratura e doença); comportamental (livre para expressar seu comportamento normal); e psicológica (livre de medo e ansiedade) (SANTOS, 2004).

Uma das razões da importância do bem-estar animal é sua relação com a qualidade da carne. O manejo correto tem impacto relevante sobre o estresse e, consequentemente, sobre a qualidade da carne utilizada nos processos industriais e de agregação de valor (LUDTKE et al., 2010).

Na suinocultura, o bem-estar animal deve ser observado nas diferentes fases de produção (OLIVEIRA et al., 2013). A granja deve ser construída em salas nos galpões de algumas fases de criação, considerando o tamanho do rebanho, o intervalo de dias entre os lotes de porcas, ou bandas, que se pretende trabalhar e o período de ocupação de cada sala. Os intervalos entre os lotes, mais utilizados na suinocultura são de 7, 14, 21 ou 28 dias (EMBRAPA, 2006).

O produtor pode optar por um sistema de produção que considere todo o ciclo de produção (ciclo completo) ou apenas parte dele, como a UPL (Unidade de Produção de Leitões), que produz leitões até a saída da creche. A produção de Ciclo Completo (CC) abrange todas as fases

de produção e tem como produto final o suíno terminado. (SEBRAE, 2014).

Os sistemas de produção de CC devem obedecer à seguinte sequência: Unidade de Gestação/Cobrição/Pré-cobrição, Unidade de Maternidade, Unidade de Creche e Unidade de Terminação. As fêmeas devem ser conduzidas para a maternidade no final da gestação, retornando para a área de gestação após o desmame dos leitões. Os leitões são criados em UPLs, lá permanecendo por cerca de 65 dias, até adquirirem um peso médio de 24,5 kg. (GUIMARÃES, 2017). Depois desse período, os leitões são encaminhados para a Unidade de Terminação (UT), onde receberão os cuidados necessários até atingirem o peso de abate, de aproximadamente 106 kg (SANTOS, 2011).

A gestão ambiental de uma unidade de produção de suínos é uma tarefa que demanda uma visão ampla e sistêmica da produção e deverá contemplar desde o planejamento da instalação, escolha do local, aspectos construtivos, até o manejo de dejetos, de resíduos sólidos, entre outros. Tecnologias alternativas podem reduzir o impacto ambiental da atividade e trazer renda adicional, como a obtenção de créditos de carbono e energia através de biodigestores e estações compactas de tratamento. (SEBRAE, 2014)

### **2.1.2 Consumo de Energia Elétrica na Suinocultura**

No ramo da suinocultura, o estabelecimento de uma nova atividade precisa, necessariamente, ser precedido de um planejamento com previsão do potencial de comercialização do produto final, das disponibilidades de insumos, das implicações ambientais do projeto, dos custos de implantação, do sistema de produção, dos pacotes tecnológicos escolhidos e das metas de produção para prever a viabilidade do retorno econômico dos investimentos. Um bom planejamento contribui fortemente para garantir a sustentabilidade da atividade, a preservação ambiental e o conforto dos animais, além de facilitar o manejo (EMPRAPA, 2006).

O conceito de uso eficiente de água na unidade de suinocultura deve ser priorizado, onde cada animal deve usar a mínima quantidade, desde que garanta o seu bem-estar. Com o uso apropriado da água, consequentemente, o consumo de energia elétrica por suíno também se tornará o mais eficiente possível, visto que a movimentação tanto de água quanto de dejetos, podem vir a necessitar de bombeamento.

Souza et al. (2009) relatam que existe uma tendência de uma maior dependência da energia elétrica pela suinocultura quando conduzida em ciclo completo, visto que, na fase de maternidade, emprega-se o calor oriundo de lâmpadas elétricas em maior número e potência.

De acordo com Giroto e Talamini (1998) apud Sarubbi (2010), o consumo médio da energia elétrica por suíno terminado no Brasil, no ano de 1994, era de 2,03 kWh por animal terminado. Em outro estudo, a energia elétrica necessária para produzir um suíno terminado resultou em um valor de 491 kWh. (SOUZA et al., 2009). Esse aumento demonstra que, com o incremento dos sistemas de climatização, visando o bem-estar do animal, houve um aumento no consumo da energia nas unidades de suinocultura. (SARUBBI, 2010).

## 2.1 ENERGIA SOLAR

De acordo com Rüther (2004), em um único dia, a energia emitida pelo Sol na superfície do planeta é capaz de suprir a demanda energética de toda a população por um período de 365 dias. Frente a essa realidade, a energia solar representa uma alternativa sustentável e promissora para atender às necessidades energéticas da sociedade.

A energia que emana do sol, manifestada na forma de luz e calor, é responsável pela manutenção de todas as formas de vida do planeta. É pertinente enfatizar, inclusive, que todas as outras fontes de energia derivam da energia solar. Por exemplo, a respeito do ciclo da água, o calor emitido pelo Sol conduz ao processo de evaporação, permitindo assim, a transferência e o armazenamento da água para posterior aproveitamento hidrelétrico (SOUZA, s.d.).

### 2.1.1 Radiação Solar

A radiação solar constitui o principal parâmetro que afeta a eficiência dos sistemas que aproveitam a energia proveniente do sol. Tanto a localização geográfica, como a altitude, a hora do dia e as condições atmosféricas influenciam na quantidade de irradiação que irá atingir a superfície da terra em determinado instante (RÜTHER, 2004).

Considerando a variação da irradiância em um dia médio, pode-se chegar em uma intensidade de radiação de aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup> nos horários próximos ao meio-dia. Esse valor é de extrema importância para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos e de aquecimento de

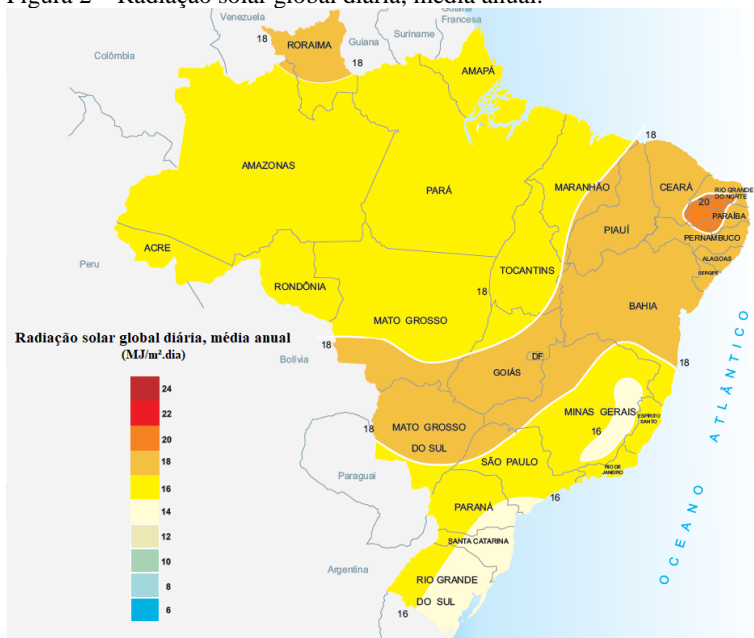
água, visto que é nessas horas que um painel solar estará apresentando seu maior rendimento (SOUZA, s.d.).

Conforme consta no Atlas Solarimétrico do Brasil (2000, p. 19):

As regiões desérticas do mundo são as mais bem-dotadas de recurso solar. Assim a região da cidade de Dongola, localizada no Deserto Árábico, no Sudão, e a região de Dagget no Deserto de Mojave, Califórnia, Estados Unidos, são exemplos de localidades excepcionalmente bem servidas de radiação solar.

No Brasil, a região que apresenta a maior disponibilidade energética é a Nordeste, seguida pelas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Devido às características climáticas típicas da região Norte, ocorre uma redução do seu potencial solar a valores próximos aos encontrados na região Sul (PEREIRA, 2006). A média anual da radiação solar global diária pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Radiação solar global diária, média anual.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

## 2.1.2 Aproveitamento da energia solar

Desde o surgimento das primeiras plantas fotossintetizantes, a natureza utiliza-se do recurso solar para obter energia e desempenhar suas funções substanciais. Inicialmente, o Homem utilizou-se da energia proveniente do sol como fonte de calor e, após uma série de estudos, passou a empregá-la para diversos outros usos, incluindo a geração de energia elétrica. Segundo Souza (s.d.), a energia solar pode ser aproveitada através de três modos:

- i. Arquitetura Bioclimática: consiste no aproveitamento das condições climáticas locais, priorizando o uso da luz natural e do calor do sol, através de um planejamento arquitetônico integrado.
- ii. Energia Solar Fototérmica: consiste na capacidade de absorver a energia proveniente da radiação solar e convertê-la diretamente em calor. Os dispositivos mais utilizados são os coletores solares.
- iii. Energia Solar Fotovoltaica: é a conversão direta da energia solar em energia elétrica, através de células fotovoltaicas constituídas de material semicondutor.

As variedades de aproveitamento solar supracitadas apresentam diversas aplicações. Como exemplo, pode-se citar a energia solar fotovoltaica utilizada em zonas rurais, constituindo uma importante fonte de eletricidade em regiões onde existe dificuldade de acesso das redes de transmissão (PINHO; GALDINO, 2014). Nos próximos tópicos, serão abordadas as principais aplicações de energia solar que irão incorporar o presente projeto.

## 2.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Uma das áreas de atuação da energia solar térmica são os sistemas de aquecimento solar de água. Além de possibilitar a redução do consumo de energia elétrica convencional, promove um melhor aproveitamento da energia proveniente do sol, a qual é abundante no país.

O mercado brasileiro de aquecimento solar teve início nos anos 1970, impulsionado pela crise do petróleo. A partir dos anos 1980, constatou-se uma maior especialização no setor com o surgimento de



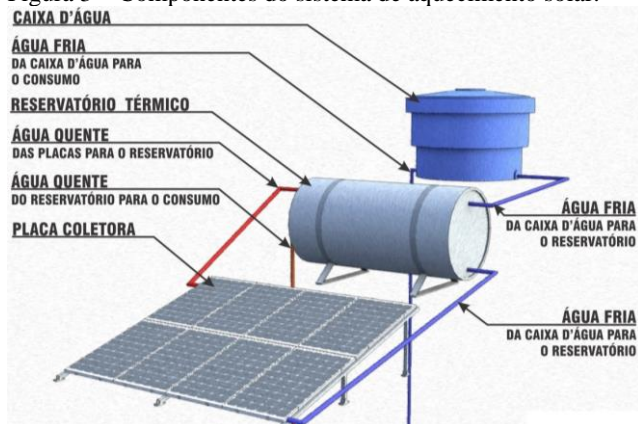
novas empresas destinadas exclusivamente ao aquecimento solar de água. No entanto, foi durante a década de 90 que a tecnologia se expandiu significativamente e, nos últimos anos, vem apresentando um crescimento sólido da ordem de 20% ao ano (ELETROBRÁS, 2012).

### 2.2.1 Funcionamento do sistema de aquecimento solar

Um projeto de um sistema de aquecimento solar de água deve seguir as orientações da norma brasileira NBR 15569:2008 “Sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto – projeto e instalação”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 2008). A norma, que está em vigor desde 2008, orienta sobre concepção, dimensionamento, instalação e manutenção de um projeto de aquecimento solar.

Conforme a ABNT (2008), um sistema de aquecimento solar é composto por coletores solares, reservatórios térmicos, aquecimento auxiliar, acessórios e suas interligações hidráulicas que funcionam por circulação natural ou forçada. A Figura 3 apresenta, de forma simplificada, os componentes de um sistema de aquecimento solar.

Figura 3 – Componentes do sistema de aquecimento solar.



Fonte: Fiedker Arq. & Eng. Disponível em: <<http://fiedlerarquitectura.blogspot.com.br>>. Acesso em: 15 de março de 2018.

O aquecedor solar entra em funcionamento quando a energia solar radiante ou irradiante, luz visível e infravermelho, incidem sobre a superfície preta dos coletores. A energia absorvida pela placa

transforma-se em calor e aquece a água que está no interior dos coletores. A água aquecida diminui sua densidade e começa a se movimentar em direção ao reservatório, dando início a um processo natural de circulação da água, chamado termossifão. Esse processo mantém o sistema em operação, enquanto houver radiação solar incidente sobre as placas ou até toda água do circuito atingir equilíbrio térmico (RODRIGUES, 2010).

## **2.2.2 Alternativas de coletores solares**

Dentre as possíveis variedades de aquecedores solares, destacam-se os coletores planos e os coletores tubulares à vácuo. Os coletores planos podem ser classificados ainda em fechados ou abertos (COSTA, 2002). Os sistemas abertos não apresentam vidro, caixa isolante e possuem absorvedor de plástico em substituição ao metálico. Esses sistemas são projetados para produzir um aquecimento de menor intensidade e, portanto, o coletor torna-se um aquecedor muito menos potente (COSTA, 2002). Os coletores fechados são utilizados para promover o aquecimento de água até temperaturas da ordem de 70 °C. Já os coletores abertos são recomendados para aquecimento de piscinas que operam a baixa temperatura, entre 28 e 30 °C. (CRESESEB, 2013).

Os coletores solares de tubos à vácuo são ainda pouco conhecidos no Brasil, porém são bastante usados na China e na Europa, devido a sua alta capacidade de aquecimento mesmo em dias nublados. (NEVES, 2013). As reduzidas perdas de calor dos coletores à vácuo fazem com que esses sistemas sejam vantajosos para operação em temperaturas mais altas, tipicamente acima de 75 °C, o que é importante muitas vezes em projetos para processos industriais, ou para sistemas de ar condicionado solar por resfriadores a absorção (MESQUITA, 2013).

Os sistemas de aquecimento solar podem ainda ser classificados quanto a circulação do fluido, podendo ocorrer através de circulação forçada ou através do efeito de termossifonagem. Na circulação forçada ocorre o emprego de uma bomba instalada no circuito. As desvantagens nesse tipo de instalação é a dependência da eletricidade e a possibilidade de ocorrerem problemas na bomba (SPRENGER, 2007).

Segundo Sprenger (2007) para que haja circulação por termossifão é necessário que as placas coletoras solares estejam instaladas no mínimo a 30 cm abaixo da base do reservatório térmico. A distância entre o reservatório térmico e as placas também deve ser

limitada, caso esta distância ultrapasse 5 metros pode não ocorrer a circulação por termossifão.

De acordo com Andrade et al. (2005), o termossifão é limitado a sistemas de aquecimento solar de 1.000 a 1.500 litros, em virtude da restrição da diferença de temperatura das colunas de alimentação de água fria e retorno de água quente. Porém, em muitas situações é perfeitamente admissível subdividir o sistema original em sistemas de circulação natural menores.

Segundo Andrade et al. (2005), a instalação de coletores solares “em paralelo” tende a reduzir a quantidade de tubulações e conexões hidráulicas, porém podem acarretar em prejuízo no rendimento dos sistemas. Portanto, recomenda-se a montagem de conjuntos de coletores solares em paralelo com no máximo 5 metros de comprimento. Em uma sequência de conjuntos de coletores solares interligados “em série”, os primeiros conjuntos são mais eficientes e os últimos menos eficientes. Recomenda-se, portanto, a interligação de no máximo 3 a 4 conjuntos. É a combinação das ligações “em paralelo” com as ligações “em série” que nos permite desenhos e arranjos adequados a qualquer tamanho de sistema de aquecimento solar de água.

Ainda, quanto aos reservatórios, estes podem ser interligados de duas formas: A primeira possibilidade é a interligação em paralelo, onde a alimentação de água fria que vem da caixa d'água é dividida em duas, uma para cada reservatório, e depois as saídas de consumo se juntam formando um único tubo para a água quente. A outra maneira mais comum de interligação é a sequência em série. Nessas instalações, a saída de consumo de um reservatório é conectada na entrada de água fria do seguinte. (ANDRADE et al., 2005)

### **2.2.3 Aplicações da tecnologia**

Conforme dados da Abrava (2010), a classe residencial abrange 72% do uso total dos coletores solares, sendo 66% para uso unifamiliar e 6% para uso em edifícios com aquecimento central. Na classe industrial, a aplicação dos sistemas de aquecimento solar é modesta, representando apenas 2% embora, na sua grande maioria, a água aquecida se destine a usos similares ao residencial. O setor de serviços corresponde por 9% da área total de coletores solares e os 17% restantes, correspondem a usos com piscinas.

Dentre as vantagens do sistema solar térmico, pode-se citar: geração de economia para o usuário e para o país e, assim, menores investimentos em geração e transmissão de energia; baixo custo de manutenção, vida útil elevada e um atrativo retorno de capital investido (ELETROBRAS, 2012).

## 2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas solares fotovoltaicos são projetados para resistir às mais diversas intempéries e podem ser implementados em qualquer localidade onde a incidência solar seja suficiente. Os painéis solares requerem pouca manutenção e, segundo Rüther (2004), devem operar de forma satisfatória por períodos de 30 anos ou mais.

O emprego da energia solar fotovoltaica apresenta uma série de outras vantagens: não gera poluentes, é uma fonte inesgotável e sustentável e pode ser implementada em praticamente todas as localidades. Todavia, o sistema também possui suas limitações: rendimento subordinado à quantidade de radiação solar e às condições climáticas, necessidade de uma área relativamente ampla para instalação dos dispositivos e investimento financeiro inicial elevado. (RÜTHER, 2004).

### 2.3.1 Breve histórico

Conforme CRESESB (2006), o efeito fotovoltaico foi verificado pela primeira vez em 1839, quando Edmond Becquerel constatou a existência de uma diferença de potencial entre placas metálicas que foram expostas à luz. Em 1876, após uma série de estudos, foi projetado o primeiro dispositivo solar fotovoltaico e, em 1956, deu-se início a produção do sistema em escala industrial.

O Protocolo de Kyoto foi um dos maiores responsáveis pela fomentação dessa tecnologia, visto que foi criado com o objetivo de reduzir a emissão de gases de efeito estufa e amenizar os impactos ambientais resultantes do desenvolvimento industrial. Outro fator que culminou na ampliação da produção de células fotovoltaicas foi a redução do preço ao longo dos anos. As primeiras células produzidas apresentavam um custo de US\$ 600/W e, atualmente, podem ser encontradas por um custo médio de US\$ 8,00/W (CRESESB, 2006).

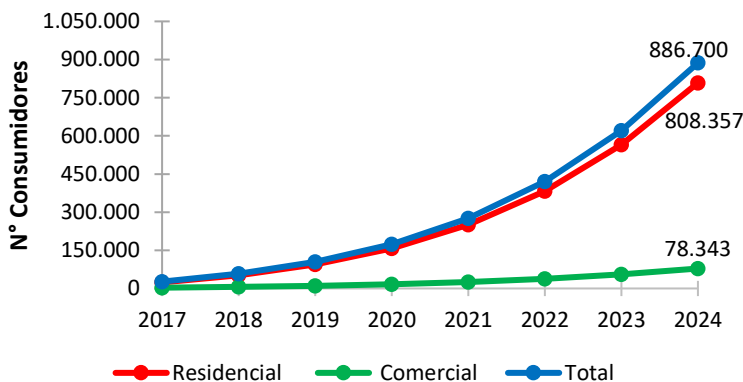
O primeiro sistema fotovoltaico integrado a uma edificação e conectado à rede elétrica no Brasil foi operado pela primeira vez em

setembro de 1997, na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, em Florianópolis/SC (RÜTHER, 1996). A instalação foi dimensionada, inicialmente, para atender uma residência urbana típica de uma família de quatro pessoas, dispondo de uma potência de 2078 Wp e 68 módulos solares. O modelo ainda apresenta sensores de irradiação e temperatura, inversor c.c.-c.a. e um sistema de monitoramento contínuo, visto que se caracteriza por um sistema experimental (RÜTHER, 2004).

### 2.3.2 Tendências futuras

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) divulgou uma projeção, através da Nota Técnica nº 0056/2017, estimando a quantidade de sistemas fotovoltaicos que serão instalados no período de 2017 a 2024 (ANEEL, 2017a). O gráfico, exibido na Figura 4, apresenta a projeção de unidades em duas modalidades consumidoras, residencial e comercial, além de apresentar a projeção total de consumidores.

Figura 4 – Projeção de unidades consumidoras que adotariam a microgeração solar fotovoltaica.



Fonte: ANEEL (2017a).

### 2.3.3 Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser classificados em duas categorias: isolados e conectados à rede. Em ambos os cenários, podem operar de forma autônoma ou combinados com outras fontes de energia, sendo então denominados sistemas híbridos.

### *Sistema fotovoltaico isolado (SFI)*

Um sistema fotovoltaico isolado é aquele que não possui ligação com a rede de distribuição de energia elétrica. Como regra geral, os SFI necessitam de alguma forma de armazenamento de energia para atender à demanda nos períodos chuvosos, nublados ou noturnos. Segundo Pinho e Galdino (2014), o armazenamento pode ser realizado através de bancos de baterias, quando há utilização de aparelhos elétricos em períodos sem geração fotovoltaica, ou em outras formas de armazenamento.

Em sistemas de bombeamento de água, a energia é geralmente armazenada na forma de energia potencial gravitacional, através de reservatórios elevados. Alguns sistemas isolados não carecem de armazenamento, o que é o caso da irrigação, quando toda a água bombeada é utilizada imediatamente. Existem ainda outras formas de armazenamento da energia gerada, como o ar comprimido, o volante de inércia (*“flying wheel”*) e a produção de hidrogênio. (PINHO; GALDINO, 2014)

Os SFI foram inicialmente regulamentados pela Aneel, através da Resolução Normativa Nº 83/2004 (ANEEL, 2004). Em junho de 2012, foi publicada uma nova versão, a Resolução Normativa Nº 493/2012 (ANEEL, 2012b), que substitui a anterior e estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI.

### *Sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR)*

Em um sistema fotovoltaico conectado à rede, toda a geração é consumida diretamente pela carga ou entregue na rede de distribuição de energia elétrica, tornando dispensável o uso de acumuladores. Representa uma fonte complementar de energia, capaz de reduzir consideravelmente os custos energéticos. No caso de períodos com baixa incidência solar, a demanda passa a ser atendida pela rede de distribuição convencional, dispensando o superdimensionamento dos sistemas. (RÜTHER, 2004)

De acordo com Pinho e Galdino (2014), os primeiros sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil surgiram no final da década de 1990, em concessionárias de energia elétrica, universidades e

centro de pesquisas. Em 1995, a Companhia Hidroelétrica de São Francisco (Chesf) se tornou pioneira nessa tecnologia ao instalar um sistema fotovoltaico conectado à rede de 11 kWp, em sua sede em Recife (PE).

No ano de 2012, foi definida a regulamentação dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, por meio da Resolução Normativa Nº 482/2012 (ANEEL, 2012a). Esta resolução visa estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de compensação de energia elétrica.

### *Sistema híbrido*

Quando os sistemas fotovoltaicos se encontram combinados com outras fontes de energia são denominados de sistemas híbridos. Tais sistemas buscam priorizar o aproveitamento dos recursos energéticos presentes naturalmente nos locais de instalação, como, por exemplo, a energia eólica e a energia solar. No entanto, recursos não renováveis, como o diesel, também podem ser utilizados.

A combinação dos recursos energéticos resulta da análise de diversos outros fatores, como custos de instalação e manutenção, área disponível e poluição do meio, o que torna a tomada de decisão uma tarefa bastante complexa. Apesar do maior investimento inicial, o sistema híbrido oferece aos usuários maior segurança, visto que a probabilidade de que todos os sistemas fiquem inoperantes ao mesmo tempo é muito menor do que na condição de uma única fonte de energia. (PINHO; GALDINO, 2014)

### **2.3.4 Posicionamento dos painéis solares**

Geralmente, a maior incidência solar é obtida com ângulo de inclinação igual ao da latitude local e com superfície direcionada para o norte geográfico, no caso de instalações no hemisfério sul. Segundo Pinho e Galdino (2014), a inclinação do gerador fotovoltaico pode variar dentro de 10° em torno da latitude local, sem a redução significativa do seu desempenho anual. Quanto à orientação, devem ser evitadas diferenças de ângulos maiores que 30°, tanto para Leste, quanto para Oeste.

Um estudo realizado por Salamoni (2004), em Florianópolis, demonstrou que a radiação média anual na cidade foi máxima quando as

superfícies estavam inclinadas a  $27^\circ$  e orientadas para o norte geográfico (ou verdadeiro), atingindo um valor de  $1.675 \text{ kWh/m}^2/\text{ano}$ . Na maioria dos locais, a direção do Norte Verdadeiro (ou Sul Verdadeiro) não coincide com o Norte magnético (ou Sul magnético) indicado pela bússola, necessitando ser realizada, portanto, a correção do referencial magnético. Para tal, usa-se a Declinação Magnética do local de instalação, a qual pode ser obtida facilmente através de mapas e programas computacionais disponibilizados por vários órgãos (PINHO; GALDINO, 2014).

A inclinação ótima dos painéis fotovoltaicos também pode variar em função do tipo de sistema fotovoltaico. Para sistemas isolados um painel com uma inclinação maior é recomendável, pois garante maior captação nos períodos de menor irradiância, próximo ao solstício de inverno. Para os sistemas conectados à rede, inclinações menores propiciam maior captação nos períodos próximos ao solstício de verão, o que gera mais energia e, nos países com tarifas diferenciadas, maiores ganhos financeiros. Ressalta-se que em nenhum dos casos é recomendável inclinações menores que  $10^\circ$ , pois a limpeza natural dos módulos pela água da chuva será prejudicada. (SOUZA, s.d.)

## 2.4 SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

Os sistemas de bombeamento fotovoltaico consistem em uma tecnologia para bombeamento de água e outros fluidos utilizando a energia proveniente de geradores fotovoltaicos. Como regra geral, não apresentam banco de baterias, sendo a água armazenada e bombeada em reservatórios, para utilização posterior (PINHO & GALDINO, 2014). Constituem uma das principais aplicações da energia solar e, nas últimas décadas, vem apresentando significativos avanços tecnológicos.

A tecnologia de bombeamento fotovoltaico teve início no início da década de 1970, mediante a implementação de sistemas desenvolvidos por firmas francesas. Eram constituídos por motores elétricos de magneto permanente, instalados na superfície do poço, e bombas submersas acopladas através de um eixo vertical. (FRAIDENRAICH, 1999)

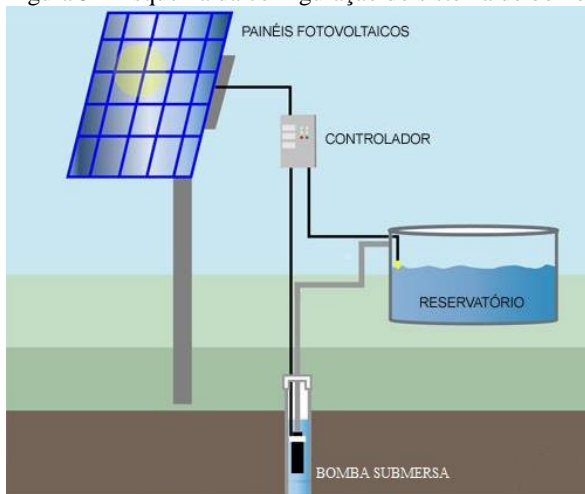
Segundo Fraidenraich (1999), até o início dos anos 90 foram instalados um total de dez mil sistemas de bombeamento fotovoltaico, sendo grande parte deles implementados em países em desenvolvimento.



### 2.4.1 Configuração do sistema de bombeamento

Em função da demanda e dos recursos disponíveis, podem ser adotados diversos tipos de configurações para os sistemas de bombeamento fotovoltaico. De maneira geral, o sistema constitui-se por três componentes principais: gerador fotovoltaico, acoplamento gerador-carga e conjunto motobomba. A Figura 5 apresenta um esquema simplificado de configuração do sistema de bombeamento fotovoltaico.

Figura 5 – Esquema da configuração do sistema de bombeamento fotovoltaico.



Fonte: Mapa ambiental Engenharia e Sustentabilidade. Caminho: Página inicial – Como funciona. Disponível em: <<http://mapambiental.com.br>>. Acesso em: 14 de março de 2018.

#### *Gerador fotovoltaico*

O gerador fotovoltaico é o componente do sistema de bombeamento responsável pela captação da energia solar e posterior geração de potência elétrica na forma de corrente contínua. Segundo Servant (1994), apud Fraidenaich (1999, p. 74), a utilização de motores de corrente contínua para bombeamento de água de poços, está restrita a pequenas potências devido ao fato que, para potências elevadas, o diâmetro dos motores pode ser superior ao diâmetro do poço.

Os módulos fotovoltaicos podem ser dispostos em série, sendo denominados *strings*, ou em paralelo (RÜTHER, 2004). Geralmente,

para alcançar as tensões e correntes esperadas, são empregues combinações tanto em série como em paralelo. A inclinação dos módulos fotovoltaicos também deve ser estudada com cautela, visto que o ângulo ideal permite o melhor aproveitamento da radiação solar. Ressalta-se que, de acordo com Rüther (2004), quando as células estão dispostas em série, uma sombra sobre uma delas pode reduzir consideravelmente o rendimento do sistema. Isto pode ser explicado pelo fato de que a performance ótima do gerador fotovoltaico é dependente da homogeneidade de iluminação do sistema como um todo.

### *Acoplamento gerador-carga*

O acoplamento gerador-carga consiste no conjunto de dispositivos responsáveis pela conexão do gerador fotovoltaico ao conjunto motobomba. Segundo Fraidenraich (1999), a ligação é feita diretamente no caso de motores de corrente contínua, ou por meio de condicionadores de potência, empregues tanto em motores de corrente contínua quanto de corrente alternada. Os condicionadores de potência possuem a finalidade de elevar ao máximo a eficiência da transferência de energia, através de adaptações entre as características do gerador e do conjunto motobomba.

Entre os condicionadores de potência encontram-se os inversores, as baterias e os seguidores do ponto de máxima potência, conhecidos como MPPT (*Maximum Power Point Tracker*).

- *Inversores*

Os inversores são responsáveis pela conversão da energia de corrente contínua (c.c.) em corrente alternada (c.a.). Rüther (2004) destaca que os inversores comumente utilizados podem ser de dois tipos:

- i. Comutados pela própria rede elétrica, onde o sinal da rede é utilizado para sincronizar o inversor com a rede, ou
- ii. Auto-comutados, onde um circuito eletrônico no inversor controla e sincroniza o sinal do inversor ao sinal da rede.

Destacam-se também os módulos fotovoltaicos com microinversores integrados, cujos terminais de interface são unicamente c.a. sem acesso ao lado c.c. Podem ser conectados em paralelo para

aumento da potência e são direcionados a instalações de pequeno porte. No entanto, a desvantagem dos módulos c.a. encontra-se no alto preço para aquisição do produto, sendo significativamente superior em comparação com os módulos convencionais. (PINHO; GALDINO, 2014)

Alguns inversores auto-comutados possuem um sistema de controle que lhes permite carregar o banco de baterias por uma fonte de energia elétrica em corrente alternada. Esses inversores são chamados de inversor-carregador. (SOUZA, s.d.)

Segundo Pinho e Galdino (2014), os inversores para conexão à rede com potências individuais de até 5 kW geralmente possuem saída monofásica. A partir dessa potência é mais comum a utilização de inversores com saída trifásica, ou inversores monofásicos em associação trifásica.

- *MPPT*

Os seguidores do ponto de máxima potência (MPPT) são comumente utilizados para controlar a tensão e corrente de operação do arranjo fotovoltaico. Alguns inversores podem conter este dispositivo integrado ao seu sistema interno e, quando ausentes, é possível adquirir o dispositivo MPPT separadamente. Segundo Pinho e Galdino (2014), um seguidor do ponto de máxima potência deve apresentar as seguintes características:

- i. Precisão: implica em medidas de corrente e tensão de qualidade;
- ii. Eficácia: ser capaz de encontrar o ponto de potência máxima, mesmo com a ocorrência de máximos locais;
- iii. Rapidez: deve adaptar-se com presteza às variações bruscas de irradiância causadas, por exemplo, por nuvens passageiras.

- *Banco de baterias*

Em períodos de baixa insolação, como em dias nublados e chuvosos, e durante a noite, a geração solar fotovoltaica não costuma suprir toda demanda de energia. Em vista disso, uma característica fundamental dos SFI é a necessidade de armazenamento de energia, geralmente feita através de banco de baterias.

Um banco de baterias é constituído por uma quantidade calculada de elementos conectados em serie e/ou paralelo, que fornecerão a potência demandada pelas cargas, no período de autonomia em que devem funcionar sem receber recarga do arranjo fotovoltaico nos dias sem insolação (SOUZA, s.d.). Baterias também podem ser utilizadas com o objetivo de manter aproximadamente constante a tensão produzida pelo gerador fotovoltaico. (FRAIDENRAICH, 1999)

### *Dispositivos auxiliares e de proteção*

Em sistemas fotovoltaicos, assim como em qualquer sistema elétrico, os principais componentes utilizados para proteger pessoas e equipamentos são as chaves, os fusíveis, os disjuntores e os dispositivos de proteção contra surto (DPS). A proteção elétrica também deve ser composta pelo sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), cuja instalação é regulamentada pela NBR 5419:2005. (PINHO; GALDINO, 2014)

Para facilitar a conexão elétrica do sistema fotovoltaico, alguns fabricantes de materiais elétricos possuem entre seus produtos, caixas de junção prontas. Estas caixas de junção já vêm com todos os elementos de proteção, dentro de uma caixa estanque, podendo ser de fileiras (“string-box”) ou de painel/arranjo (“array-box”). (SOUZA, s.d.).

Um documento normativo importante na instalação de sistemas solares fotovoltaicos é a norma ABNT NBR 5410:2004, que normatiza as instalações elétricas de baixa tensão (ABNT, 2004). Pinho e Galdino ressaltam que todos os componentes de um Sistema Fotovoltaico (SFV) devem ser interconectados por meio de condutores elétricos de bitola e tipo adequados, respeitando as polaridades positiva e negativa das caixas de conexão.

### *Conjunto motobomba*

O conjunto motobomba consiste em um dispositivo que fornece energia aos líquidos para possibilitar o seu deslocamento. O motor encontra-se acoplado a bomba, sendo responsável por gerar energia na forma mecânica.

Com relação às bombas, existem duas categorias principais que são comumente utilizadas em sistemas de bombeamento fotovoltaico: as bombas centrífugas e as bombas volumétricas (ou de deslocamento positivo).

- Centrífugas

As bombas centrífugas são geralmente indicadas para grandes vazões e pequenas alturas manométricas. Para pequenas potências (até 250 Wp), as mais utilizadas são as centrífugas de estágio único ou poucos estágios, enquanto que para grandes potências, as centrífugas multiestágios são mais indicadas (PINHO; GALDINO, 2014). As bombas centrífugas podem ser conectadas diretamente ao gerador fotovoltaico, pelo fato de sua vazão aumentar com a corrente elétrica, não necessitando, portanto, de banco de baterias. No entanto, o correto funcionamento do sistema depende de uma boa união entre o gerador fotovoltaico e a bomba.

- Volumétricas

Apesar das bombas centrífugas serem amplamente empregadas, para algumas finalidades a utilização de bombas volumétricas é imprescindível. As bombas volumétricas, ou de deslocamento positivo, são indicadas para grandes alturas manométricas e pequenas vazões, sendo que o aumento da sua eficiência é diretamente proporcional à altura manométrica. Entre as bombas mais utilizadas estão as bombas diafragmas, adequadas para menores alturas manométricas e as bombas de pistão com contrapeso ou de cavidade progressiva, indicadas para maiores alturas manométricas. (PINHO; GALDINO, 2014)

#### **2.4.2 Aplicações da tecnologia**

Fraidenraich (1999) relata que os sistemas de bombeamento fotovoltaico apresentam diversas vantagens em comparação com as bombas manuais e diesel, tais como:

- não necessita de combustível;
- fácil de instalar;
- confiável;
- grande durabilidade;
- funciona sem supervisão;
- poucos custos repetitivos;
- facilidade de se adaptar à demanda.

Todavia, alguns aspectos ainda carecem de ser aprimorados com o intuito de promover a disseminação desta tecnologia e ampliar o mercado consumidor. Entre as principais desvantagens do sistema encontram-se o investimento inicial elevado e a menor produção em climas com baixo recurso solar.

As principais aplicações para sistemas de bombeamento fotovoltaico, mencionadas por Pinho e Galdino (2014), são:

- bombeamento para pequenas comunidades;
- bombeamento de água residencial;
- bombeamento para consumo animal;
- sistemas de irrigação.

A aplicação de sistemas de bombeamento fotovoltaico no setor da água, especialmente para o abastecimento, vem se tornando uma tecnologia bastante eficiente. Sabe-se que a maior fração da radiação solar coincide, na maior parte do dia, com os hábitos da sociedade. Assim, uma melhor adaptação entre a geração de energia e o consumo de água decorre do uso da energia solar, em comparação com outras fontes de energia (DJURIN, 2011).

## 2.5 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 2.5.1 Matriz Energética no Brasil

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) elabora e publica, anualmente, o Balanço Energético Nacional (BEN), cuja finalidade é fornecer dados relativos à oferta e ao consumo da energia no Brasil. O país detém de uma ampla disponibilidade de irradiação solar, se comparado com outras localidades onde a energia solar é empregada largamente, como nos países da Europa.

No ano de 2016, houve um aumento da parcela de energia renovável na matriz energética, alcançando um percentual de 43,5%. Entre as fontes renováveis, destaca-se a geração hidráulica, que corresponde a 68,1% da oferta interna (EPE, 2017).

Quanto à geração total de energia elétrica no Brasil, no ano de 2016, foram produzidos 619,7 TWh. No mesmo ano, o consumo total de energia observado foi de 520,0 TWh, que corresponde a um consumo per capita de 2,51 kWh/habitante (EPE, 2017).

### **2.5.2 Tarifa de energia elétrica**

A aplicação de tarifas no setor elétrico é essencial para manter o serviço com qualidade e ajudar a criar incentivos para a eficiência. Nesse contexto, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico, considerando fatores como a geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado. (ANEEL, 2016)

Para diferenciar os usuários da rede, são estabelecidas algumas classificações. O Grupo A corresponde a usuários com tensão superior a 2,3 kV, enquanto o Grupo B corresponde a usuários com tensão igual ou inferior a 2,3 kV. Os postos tarifários segregam o dia em períodos, resultando em tarifas diferenciadas. De acordo com ANEEL (2010), os postos são classificados em três categorias:

- i. Ponta: período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;
- ii. Intermediária (Somente para Grupo B): Período formado pela hora imediatamente anterior e pela hora imediatamente posterior ao período de ponta, totalizando 2 horas;
- iii. Fora de ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

### **2.5.3 Emissão de Carbono**

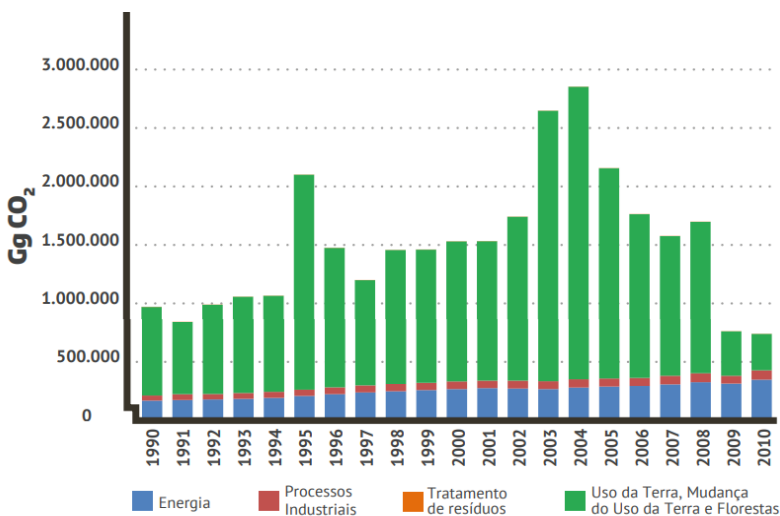
Os gases de efeito estufa são gases presentes na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte da radiação infravermelha. Como consequência das atividades antrópicas na biosfera, o nível de concentração de alguns gases, como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, vem aumentando na atmosfera. (BRASIL, 2016)

No setor da energia, são estimadas todas as emissões antrópicas devido à produção, à transformação e ao consumo de energia, incluindo tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis, quanto as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo. (BRASIL, 2016)

A geração de energia elétrica pode ocasionar diversos impactos negativos no meio ambiente, como exemplo, pode-se citar a inundação de grandes áreas para o represamento de águas, que ocasionam danos à

fauna e flora, além de emissões de gases do efeito estufa. Segundo Brasil (2016), as emissões de CO<sub>2</sub> do setor de Energia representaram, em 2010, 47,0% das emissões totais de CO<sub>2</sub>, tendo aumentado 19,7% em relação às emissões de 2005. Somente o subsetor de Transportes foi responsável por 48,9% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de Energia e por 22,8% do total de emissões de CO<sub>2</sub>. A Figura 6 sintetiza a evolução das emissões líquidas de CO<sub>2</sub> no Brasil, por setor.

Figura 6 – Evolução das emissões líquidas de CO<sub>2</sub> no Brasil.



Fonte: BRASIL (2016).

## 2.6 INDICADORES DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A exigência básica de um projeto de investimento é a geração de retorno econômico, que compense os riscos e os custos de capital envolvidos no investimento. (SCHROEDER et al., 2005). Existem diversos métodos utilizados para avaliação da viabilidade econômica.

O método do Valor Presente Líquido (VPL) é o melhor para se avaliar projetos de investimentos, e por isso deve ser utilizado como um padrão de referência (JAFJE et al., 2008). Essa técnica permite avaliar o valor atual de todos os fluxos de caixa pertinentes a um projeto de investimento (BALIAN; BROM, 2007). Ou seja, através de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), todos os valores futuros de retornos esperados são trazidos a valor presente, proporcionando uma



comparação no mesmo tempo (instante zero) com o valor total investido.

Para Balian e Brom (2007), a TMA corresponde ao retorno mínimo aceitável pelo investidor, ou seja, se o investimento ficar abaixo desse valor, não é vantajoso. Esse método é geralmente aplicado quando se deseja comparar alternativas de um projeto mutualmente excludentes (GOMES, 2009).

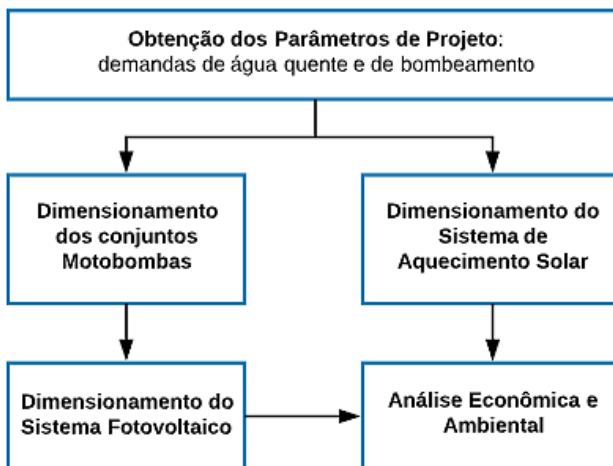
A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros que zera o VPL do empreendimento. É a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas (benefícios) aos valores presentes dos custos de investimentos e operações de projeto (GOMES, 2009). Uma maneira de se avaliar a viabilidade através da TIR é compará-la com a TMA. Assim, um projeto cuja TIR seja maior que a TMA pode ser considerado atrativo, enquanto que uma TIR menor que a TMA pode indicar um investimento não atrativo.

Outro método de avaliação, que se destaca pela simplicidade e facilidade na tomada de decisão, é o Tempo de Retorno do Capital – TRC, comumente conhecido por *payback*. Existem dois indicadores: o TRC não descontado e o TRC descontado (GOMES, 2009). O TRC não descontado é o período de tempo necessário para se obter o retorno do investimento inicial, sem considerar taxas de juros e aumento das grandezas monetárias. Já o TRC descontado é o número de períodos que zera o VPL do projeto, levando-se em conta a taxa de juros e de aumento das parcelas sobre o fluxo de caixa (GOMES, 2009). Comparando-se ambos, verifica-se que o TRC descontado leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, o que o torna mais próximo à realidade.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho foi dividida em diferentes etapas, conforme exposto no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma das etapas da metodologia.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Para a análise econômica foram utilizados os métodos de VPL, TIR e *payback* descontado. Na análise ambiental foi quantificada a redução de CO<sub>2</sub> alcançada com o presente projeto.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Fazenda Experimental da Ressacada

A Fazenda Experimental da Ressacada que pertence ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSC, está localizada no bairro Tapera em Florianópolis – SC. A sua missão, conforme consta no sítio eletrônico da Fazenda Experimental da Ressacada da UFSC (2017), é contribuir para o aperfeiçoamento do ensino, pesquisa e extensão em ciências agrárias. Para isso, busca auxiliar a formação dos acadêmicos, realizar aulas práticas e estágios, desenvolver pesquisas agropecuárias e aperfeiçoar o conhecimento dos professores.

### 3.1.2 Projeto de Extensão - Unidade de Ensino de Suinocultura

O presente trabalho faz parte de um Projeto de Extensão integrado e sustentável, que prevê a instalação de uma Unidade de Ensino de Suinocultura (UES) na Fazenda Experimental da Ressacada – Centro de Ciências Agrárias (CCA) – UFSC. O projeto é coordenado pela Professora Dra. Lucélia Hauptli, do Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural (DZDR) – CCA – UFSC. Além disso, conta com uma equipe multidisciplinar de doutores, engenheiros e professores dos departamentos de Zootecnia e Desenvolvimento Rural (DZDR) e Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS).

O Quadro 2 sintetiza o projeto de estruturação da Unidade.

Quadro 2 – Descrição dos componentes do projeto de estruturação da UES.

<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>
Plantel	Plantel reprodutivo fixo de no máximo 60 matrizes numa estrutura de produção de Ciclo Completo, categorizando a produção como de porte mínimo. (FATMA, 2014)
Galpão de compostagem de dejetos líquidos	Uma unidade com leiras de compostagem com capacidade para tratar 350 m <sup>3</sup> de dejetos quadrimestrais, com dimensões de 9,6 x 20 m de área construída.
Galpão de Crescimento e Terminação	Capacidade simultânea para 120 suínos em crescimento-terminação; Dimensões de área construída: 7,5 x 26 m.
Galpão de Creche	Capacidade de abrigar simultaneamente 130 leitões; Dimensões de área construída: 8,5 x 18 m.
Galpão de Maternidade	Capacidade de alojar simultaneamente 20 porcas em lactação; Dimensões de área construída: 11,36 x 20,74 m.
Galpão de Reprodução e Gestação	Capacidade para 2 machos e 20 fêmeas de reposição e 60 porcas simultaneamente; Galpão de alvenaria medindo 9,5 x 30 m de área construída.
Área de acesso-Escritório	Galpão de alvenaria medindo 142,78 m <sup>2</sup> de área construída.
Corredores e cercas	200 metros de corredores entre os galpões e 6 piquetes no entorno do galpão de cobertura e gestação, sendo 2 para matrizes, 2 para animais de reposição e 2 para os machos.

Fonte: HAUPTLI (2017).

## 3.2 PARÂMETROS DE PROJETO

### 3.2.1 Quadro de funcionários e alunos

Em virtude do projeto se caracterizar como uma Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão multidisciplinar, a Unidade de Suinocultura deve ser capaz de receber a visitação de turmas de alunos. Além disso, para a determinação dos consumos diários de insumos, como água, energia e geração de efluentes, deve-se contabilizar os trabalhadores e eventuais estagiários que estarão presentes diariamente na unidade.

A Tabela 1 apresenta um resumo com os parâmetros de projeto ponderados em termos da quantificação de indivíduos presentes diária ou esporadicamente na UES.

Tabela 1 – Parâmetros de projeto: quadro de funcionários e alunos em visitação.

Usuários	Quantidade	Frequência
Alunos em visitação	20	mensal
Funcionários	5	diária

Fonte: Dados levantados em reuni  es da equipe de projeto da UES.

### 3.2.2 Demandas de projeto

#### *Demanda de água quente*

O sistema de aquecimento solar deverá ser capaz de fornecer água quente para todos os chuveiros do galpão de acesso da Unidade de Ensino de Suinocultura. De acordo com HAUPTLI (2017), são instalados oito chuveiros no galpão de acesso.

As demandas de água quente, determinadas por Guarezi (2018), estão apresentadas na Tabela 2. Ressalta-se que o dimensionamento do sistema de aquecimento solar foi realizado considerando o período mais crítico, ou seja, quando há visitação de turma de alunos, aumentando a demanda em 200%.

Tabela 2 – Variáveis de projeto: consumo de água quente para banho.

Consumidor	Quantidade	Tempo (min)	Frequência (dia <sup>-1</sup> )	Consumo (L/dia)
Funcionários	5	7	4	840,0
Alunos	20	7	2	1680,0
<b>Total</b>				<b>2520,0</b>

Fonte: Dados fornecidos por Guarezi (2018).

### *Demandas de bombeamento*

O presente trabalho irá abordar o bombeamento fotovoltaico de fluidos dos seguintes sistemas integrantes da UES:

- i. Arcos para desinfecção de veículos: dois sistemas de bombeamento;
- ii. Nebulização: três sistemas de bombeamento;
- iii. Captação de água da chuva: cinco sistemas de bombeamento;
- iv. Estação de tratamento de esgotos: um sistema de bombeamento;
- v. Transporte de dejetos suínos: dois sistemas de bombeamento.

- *Volumes e regime de bombeamento*

Para dimensionar os sistemas de recalque, faz-se necessário conhecer alguns parâmetros de projeto, como volume, vazão e/ou tempo de bombeamento e frequência, além da localização dos pontos de montante e jusante. Na Tabela 3 encontram-se as demandas de bombeamento previamente definidas. Importante salientar que os volumes descritos correspondem as máximas demandas esperadas.

Tabela 3 – Demandas de bombeamento: volume, vazão, tempo e frequência.

<b>Sistema</b>	<b>Volume bombeado (litros)</b>	<b>Vazão (m³/h)</b>	<b>Tempo de operação da bomba</b>	<b>Frequência</b>
Arcos de desinfecção <sup>(1)</sup>	32	5,76	20 seg	1 vez/semana
Nebulização – Unidade de Gestação <sup>(1)</sup>	343	0,229	90 min	1 vez/ dia
Nebulização – Unidade de Creche <sup>(1)</sup>	229	0,152	90 min	1 vez/dia
Nebulização – Unidade de Termina�o <sup>(1)</sup>	229	0,152	90 min	1 vez/dia
�gua da chuva – Unidade de Acesso (dias com visita�o) <sup>(2)</sup>	4084	1,5	3 horas	1 vez/m�s
�gua da chuva – Unidade de Gesta�o <sup>(2)</sup>	1134	1,5	50 min	1 vez/dia
�gua da chuva – Unidade de Maternidade <sup>(2)</sup>	748	1,5	33 min	1 vez/dia
�gua da chuva – Unidade de Creche <sup>(2)</sup>	609	1,5	27 min	1 vez/dia

Sistema	Volume bombeado (litros)	Vazão (m³/h)	Tempo de operação da bomba	Frequência
Água da chuva – Unidade de Terminação <sup>(2)</sup>	1238	1,5	54 min	1 vez/dia
Estação de tratamento de esgotos <sup>(3)</sup>	438	5,25	5 min	4 vezes/dia
Estação elevatória de dejetos <sup>(2)</sup>	2826	6	30 min	1 vez/dia
Estação de tratamento de dejetos <sup>(4)</sup>	2826	10	18 min	1 vez/dia

Fonte: <sup>(1)</sup> Guarezi (2018); <sup>(2)</sup> Laus (2018); <sup>(3)</sup> Nunes (2018); <sup>(4)</sup> Santos (2018).

- *Arcos para desinfecção de veículos*

Os arcos para desinfecção de veículos serão instalados em duas regiões diferentes da UES. O primeiro arco será alocado no lado esquerdo da suinocultura, onde haverá um espaço para entrada de veículos. O segundo será instalado na entrada da área suja, onde encontram-se as estações de tratamento de efluentes. As localizações dos arcos de desinfecção podem ser visualizadas no Anexo A.

Segundo Guarezi (2018), cada sistema para desinfecção de veículos será composto por um conjunto de 32 bicos aspersores, espaçados a cada 50 centímetros em um arco de quatro metros de largura e cinco metros de altura. A vazão unitária dos bicos é de 3 a 5 litros/min, conforme exposto nas especificações técnicas do Anexo B. Para cada sistema foi previsto um reservatório de 500 litros para armazenamento de água.

- *Nebulização*

Os sistemas de nebulização de suínos serão acionados nos períodos mais quentes do dia, geralmente entre 12 e 14 horas, nos meses de primavera e verão. Serão instalados três sistemas de nebulização: o primeiro para na Unidade de Reprodução e Gestação, o segundo na Unidade de Creche e o último na Unidade de Crescimento e Terminação. Em cada galpão foi previsto um reservatório de 2000 litros para armazenamento de água.

Os sistemas de nebulização de suínos são compostos por bicos aspersores que trabalham com pressões mínimas específicas. A quantidade de bicos e valores de vazões foram pré-definidas em projeto, conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Vazão dos bicos aspersores.

<b>Sistema</b>	<b>Vazão do bico aspersor</b>	<b>Número de bicos</b>
Nebulização: Reprodução e Gestação	12,7 litros/hora	18
Nebulização: Creche	12,7 litros/hora	12
Nebulização: Crescimento-Terminação	12,7 litros/hora	12

Fonte: Dados fornecidos por Guarezi (2018).

As demais especificações técnicas dos bicos aspersores encontram-se no Anexo B.

- *Aproveitamento de água da chuva*

O sistema de aproveitamento de água da chuva será utilizado para consumo dos suínos, bem como para usos não potáveis, como em vasos sanitários e chuveiros. Ao todo serão instalados cinco sistemas de bombeamento, abrangendo as seguintes unidades: Casa de Acesso, Unidade de Reprodução e Gestação, Unidade de Creche, Unidade de Maternidade e Unidade de Crescimento-Terminação (LAUS, 2018).

Os sistemas de bombeamento de água da chuva serão compostos por um reservatório inferior, comumente chamado de cisterna, e um ou mais reservatórios superiores. Conforme Laus (2018), antes da cisterna, será instalado um pré-filtro para separação de sólidos grosseiros e um reservatório de descarte, que permite a separação das primeiras chuvas.

Após o filtro foi previsto um conjunto motobomba para recalque de água, um filtro rápido sob pressão e um conjunto motobomba para dosagem de cloro. Na Unidade de Acesso e de Gestação serão instalados filtros Jojaco modelo J240, enquanto que nos demais galpões serão instalados filtros Jojaco modelo J190, definidos previamente conforme a capacidade de filtragem (LAUS, 2018). As especificações técnicas do filtro rápido encontram-se no Anexo B.

Segundo dados levantados por Laus (2018), as cisternas terão volumes de 15000 litros cada. Também foi considerado um tanque de 50 litros para atender uma dosagem de 0,5 litros/hora de hipoclorito de sódio. Os volumes dos reservatórios superiores foram previamente definidos e encontram-se expostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Reservatórios superiores.

Unidade	Volume do Reservatório (L)	Número de Reservatórios
Galpão de Acesso	2500	2
Unidade de Reprodução	2500	2
Unidade de Maternidade	2000	2
Unidade de Creche	2500	1
Unidade de Terminação	3000	2

Fonte: Dados fornecidos por Guarezi (2018).

- *Estação de tratamento de esgotos*

Os esgotos produzidos na UES serão transportados dos pontos de geração até a estação de tratamento por gravidade. Segundo Santos (2018), entre a caixa de homogeneização e o *wetland* há necessidade de um sistema de bombeamento para promover o transporte dos resíduos. Serão realizadas quatro aplicações diárias com duração de cinco minutos cada.

A vazão de projeto do sistema de tratamento de esgotos é de 1,75 m<sup>3</sup>/dia. Por conseguinte, em cada aplicação serão conduzidos 438 litros de efluente para o *wetland*. O efluente chegará ao *wetland* por meio de aberturas distribuídas ao longo das tubulações horizontais. Foram projetadas quatro tubulações horizontais de 6,80 metros de comprimento, em uma largura total de 3,30 metros. Em cada tubulação foram previstos cinco orifícios para distribuição do efluente no *wetland*. (SANTOS, 2018)

- *Transporte de dejetos suínos*

No transporte de dejetos suínos, os efluentes serão levados por gravidade até poços situados próximos a cada galpão, e de lá irão para a estação elevatória, onde haverá bombeamento para o sistema de tratamento dos dejetos. Dentro da unidade de tratamento, há necessidade de um sistema de bombeamento para transportar o efluente da caixa de reserva para a composteira. O volume de dejetos a ser bombeado diariamente é de 2826 litros, sendo o tempo de bombeamento na estação elevatória de 30 min e na estação de tratamento de 18 minutos. (LAUS, 2018; NUNES, 2018)



### 3.2.3 Inclinação ótima dos painéis e coletores solares

De acordo com Souza (s.d.), para um sistema fotovoltaico isolado, a melhor inclinação é determinada pela Equação 1.

$$\beta = \varphi + \frac{\varphi}{4} \quad (1)$$

Onde,

$\beta$  = inclinação do painel em relação ao plano horizontal, em graus;

$\Phi$  = Latitude da localidade, em graus.

Esta equação retorna um valor aproximado, e a inclinação real pode ser arredondada em até 5° sem perda de desempenho. Já para os sistemas conectados à rede, pode-se utilizar a Equação 2.

$$\beta = 3,7 + 0,69 \varphi \quad (2)$$

Onde,

$\beta$  = inclinação do painel em relação ao plano horizontal, em graus;

$\Phi$  = Latitude da localidade, em graus.

Quanto aos coletores solares, a ABNT (2008) sugere um valor de inclinação igual ao ângulo da latitude local, acrescido de 10°.

### 3.2.4 Temperatura e irradiação

#### *Temperatura em Florianópolis*

De acordo com dados retirados do INMET (2018), a temperatura média anual em Florianópolis, compreendendo um período de dados de 2002 a 2017, é de 21,24 °C. Considerando apenas os meses mais críticos, em que há menor incidência de irradiação solar, ou seja, os meses de inverno (Junho, Julho e Agosto), a temperatura média é de 17,30 °C.

## *Irradiação em Florianópolis*

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb) elaborou em 1995 a primeira versão do programa *SunData*, que se destina ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional (CRESESB, 2017).

Através da inserção das coordenadas do ponto de referência desejado, o programa retorna uma lista com as estações de irradiação solar mais próximas. Atualmente a ferramenta encontra-se na versão 3.0. A Tabela 6 apresenta os dados da Estação mais próxima da Unidade de Ensino de Suinocultura (UES) e a Tabela 7 os dados de irradiação solar da respectiva estação.

Tabela 6 – Dados da Estação de Irradiação Solar de Florianópolis.

<b>Estação</b>	<b>Latitude (°)</b>	<b>Longitude (°)</b>	<b>Distância da UES (km)</b>
Florianópolis	27,701° S	48,549° O	2,1

Fonte: CRESESB (2017).

Tabela 7 – Dados da Irradiação Solar Diária Média na Fazenda Ressacada.

<b>Ângulo</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]</b>		
		Meses mais críticos (Jun/Jul)	Meses mais favoráveis (Dez/Jan)	Média anual
Plano Horizontal	0° N	2,64	5,90	4,25
Ângulo igual a latitude	28° N	3,57	5,215	4,45
Maior média anual	22° N	3,42	5,43	4,47
Maior mínimo mensal	41° N	3,80	4,64	4,30

Fonte: Adaptado de CRESESB (2017).

## 3.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

### 3.3.1 Dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar

A ABNT (2008) sugere um método de dimensionamento de Sistemas de Aquecimento Solar para residências unifamiliares, considerando uma fração solar de 70% e que não exista sombreamento. As etapas do dimensionamento são descritas a seguir.

### *Volume de consumo*

O volume de consumo pode ser apurado através da vazão das peças de utilização, do tempo e frequência de uso, conforme Equação 3.

$$V_{consumo} = \sum (Q_{pu} * T_u * \text{frequência de uso}) \quad (3)$$

Onde,

$V_{consumo}$  = volume diário de água quente, em m<sup>3</sup>;

$Q_{pu}$  = vazão da peça de utilização, em m<sup>3</sup>/s;

$T_u$  = tempo médio de uso diário da peça, em segundos;

Frequência de uso = número total de utilizações da peça por dia.

### *Volume dos sistemas de armazenamento*

O volume do sistema de armazenamento pode ser calculado através da Equação 4.

$$V_{armaz.} = \frac{(V_{consumo} * (T_{consumo} - T_{ambiente}))}{(T_{armaz.} - T_{ambiente})} \quad (4)$$

Onde,

$V_{armaz.}$  = volume do sistema de armazenamento, em m<sup>3</sup>;

$V_{consumo}$  = volume diário de água quente, em m<sup>3</sup>;

$T_{consumo}$  = temperatura de consumo, em °C;

$T_{ambiente}$  = temperatura ambiente média anual do local, em °C;

$T_{armaz.}$  = temperatura de armazenamento da água, em °C.

A ABNT (2008) faz ainda algumas sugestões:

- i. volume de armazenamento maior ou igual a 75% do volume de consumo;
- ii. temperatura de consumo adotada igual a 40°C;
- iii. temperatura de armazenamento maior ou igual a temperatura de consumo.

### *Demanda de energia útil*

A demanda de energia útil pode ser calculada pela Equação 5.

$$E_{\text{útil}} = \frac{V_{\text{armaz.}} * \rho * Cp * (T_{\text{armaz.}} - T_{\text{ambiente}})}{3600} \quad (5)$$

Onde,

$E_{\text{útil}}$  = energia útil, em kWh/dia;

$V_{\text{armaz.}}$  = volume do sistema de armazenamento, em m<sup>3</sup>;

$\rho$  = massa específica da água, igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>;

$Cp$  = calor específico da água, igual a 4,18 KJ/kg;

$T_{\text{armaz.}}$  = temperatura de armazenamento da água, em °C;

$T_{\text{ambiente}}$  = temperatura ambiente média anual do local, em °C.

### *Área Coletora*

A área coletora pode ser calculada através da Equação 6.

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) * FC_{\text{instal}} * 4,901}{PMDEE * I_g} \quad (6)$$

Onde,

$A_{\text{coletora}}$  = área coletora, em m<sup>2</sup>;

$E_{\text{útil}}$  = energia útil, em kWh/dia;

$E_{\text{perdas}}$  = somatório das perdas térmicas dos circuitos primário e secundário, em kWh/dia, obtida pela Equação 7;

$FC_{\text{instal}}$  = fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar, adimensional, dado pela Equação 8;

$PMDEE$  = produção média diária de energia específica do coletor solar, em kWh/m<sup>2</sup>, calculada através da Equação 9;

$I_g$  = Irradiação global média anual para o local, em kWh/m<sup>2</sup>.dia.

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 * E_{\text{útil}} \quad (7)$$

Onde,

$E_{\text{perdas}}$  = somatório das perdas térmicas dos circuitos primário e secundário, em kWh/dia;

$E_{\text{útil}}$  = energia útil, em kWh/dia.

$$FC_{instal} = \frac{1}{1 - [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{ótimo})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \gamma^2]} \quad (8)$$

Onde,

$FC_{instal}$  = fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar, adimensional;

$\beta$  = inclinação do coletor em relação ao plano horizontal, em °C;

$\beta_{ótimo}$  = inclinação ótima do coletor para o local de instalação, em °C;

$\gamma$  = ângulo de orientação dos coletores solares em relação ao norte geográfico, em °C.

Esta equação é válida para ângulos dentro da faixa de 15 a 90 °C. Recomenda-se que seja adotado um valor para  $\beta_{ótimo}$  igual a latitude somado a 10 °C.

$$PMDEE = 4,901 * (Fr\tau\alpha - 0,0249 * Fr_{UL}) \quad (9)$$

Onde,

PMDEE = produção média diária de energia específica do coletor solar, em kWh/m²;

$Fr\tau\alpha$  = coeficiente de ganho do coletor solar, adimensional;

$Fr_{UL}$  = coeficiente de perdas do coletor solar, adimensional;

### 3.3.2 Seleção dos coletores solares

Para melhor conhecimento dos sistemas de aquecimento solar foi realizada uma pesquisa bibliográfica (item 2.2.2) com foco em alternativas de coletores solares para aplicação em aquecimento de água para banho. Através desta pesquisa é possível comparar os diferentes sistemas, verificando a melhor alternativa para o referido uso em termos de viabilidade e eficiência. Ressalta-se que, quando dois ou mais coletores forem comparados, é importante aferir os valores de eficiência energética percentual e as respectivas letras de classificação.

Os fabricantes e modelos analisados foram selecionados com base nas tabelas de consumo/eficiência energética de coletores solares e reservatórios térmicos do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (INMETRO, 2017a; INMETRO, 2017b).

### 3.4 SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

#### 3.4.1 Dimensionamento do conjunto motobomba

##### *Diâmetro de recalque e sucção*

O diâmetro econômico da linha de recalque pode ser apurado através da Fórmula de Bresse, conforme Equação 10.

$$Dr = 1,3 * \left( \frac{n}{24} \right)^{\frac{1}{4}} * Q^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Onde,

Dr = diâmetro de recalque, em m;

n = número de horas diárias de funcionamento;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s.

O diâmetro de sucção segue o critério prático em que se adota um diâmetro comercial acima do diâmetro de recalque.

##### *Vazão fictícia*

A vazão fictícia é definida como a vazão que produz a mesma perda de carga verificada na distribuição em marcha. É utilizada para simplificar os cálculos do dimensionamento, sendo apurada conforme Equação 11.

$$Q_f = \frac{Q_m + Q_j}{2} \quad (11)$$

Onde,

Q<sub>f</sub> = vazão fictícia, em m<sup>3</sup>/s;

Q<sub>m</sub> = vazão de montante, em m<sup>3</sup>/s;

Q<sub>j</sub> = vazão de jusante, em m<sup>3</sup>/s.

##### *Perda de Carga*

Um dos métodos frequentemente utilizados para estimar as perdas de cargas distribuídas é através da Fórmula de Hazen-Williams, dada pela Equação 12.

$$\Delta h_D = \frac{10,65 * Q^{1,85} * L}{C^{1,85} * D^{4,87}} \quad (12)$$

Onde,

$\Delta h_D$  = perda de carga distribuída, em m;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

L = comprimento da tubulação, em m;

C = coeficiente de rugosidade, adimensional;

D = diâmetro interno do tubo, em m.

Nos acessórios e conexões, a perda de carga é expressa em termos de comprimento equivalente (Anexo C). Assim, pode-se calcular a perda de carga localizada através da Equação 13.

$$\Delta h_L = \frac{10,65 * Q^{1,85} * Leq}{C^{1,85} * D^{4,87}} \quad (13)$$

Onde,

$\Delta h_D$  = perda de carga localizada, em m;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

Leq = comprimento equivalente, em m;

C = coeficiente de rugosidade, adimensional;

D = diâmetro interno do tubo, em m.

### *Altura manométrica*

A altura manométrica representa a energia que a bomba deverá transmitir ao líquido para transportar determinada vazão, sendo calculada por meio da Equação 14.

$$Hm = Hg + \Delta h_{L,S} + \Delta h_{L,R} + \Delta h_{D,S} + \Delta h_{D,R} \quad (14)$$

Onde,

Hm = Altura manométrica, em m;

Hg = Altura geométrica, em m;

$\Delta h_{L,S}$  = perda de carga localizada de sucção, em m;

$\Delta h_{L,R}$  = perda de carga localizada de recalque, em m;

$\Delta h_{D,S}$  = perda de carga distribuída de sucção, em m;

$\Delta h_{D,R}$  = perda de carga distribuída de recalque, em m.

### Potência Elétrica

Verifica-se inicialmente que a potência hidráulica solicitada para transporte da água é uma função da altura manométrica, da vazão e do rendimento do conjunto motobomba. De acordo com Gonçalves (2009), uma boa aproximação para calcular a potência elétrica necessária ao motor pode ser obtida pela Equação 15.

$$P_{el} = \frac{735,5 * Q * H_m}{40} \quad (15)$$

Onde,

$P_{el}$  = potência elétrica absorvida pela motobomba, em W;

$Q$  = vazão de recalque, em L/s;

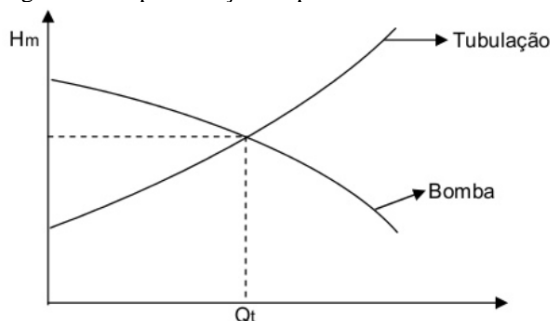
$H_m$  = altura manométrica total, em m.

### Determinação do Ponto de Trabalho

O ponto de trabalho de uma bomba hidráulica é obtido pelo cruzamento da Curva Característica do Sistema com a Curva Característica da Bomba. A escolha da bomba se baseia no princípio de que o ponto de trabalho deve estar localizado na faixa em que a bomba possui máximo rendimento, satisfeitas as exigências de vazão e altura manométrica (STUDART, 2015). Como critério prático, a faixa de vazão recomendada deve estar entre 60 a 120% da vazão equivalente ao ponto de trabalho. A

Figura 8 traz uma representação esquemática do ponto ótimo de trabalho de uma bomba hidráulica.

Figura 8 – Representação do ponto de trabalho de uma bomba hidráulica.



Fonte: STUDART (2015).



### 3.4.2 Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos

No dimensionamento dos módulos fotovoltaicos foram consideradas as recomendações contidas no Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação, do projeto GREENPRO (GREENPRO, 2004).

#### *Demanda de energia*

A demanda total de energia é calculada pela soma das demandas de cada bomba, conforme Equação 16.

$$E_t = \sum \frac{P_B}{h} \quad (16)$$

Onde,

$E_t$  = demanda total de energia, em kWh/dia

$P_B$  = potência absorvida pela bomba, em kW;

$h$  = horas de funcionamento, em h/dia.

#### *Horas de Sol Pleno*

O número de Horas de Sol Pleno (HSP) é uma grandeza que representa o número de horas em que a irradiância solar deve ser constante e igual a 1 kW/m<sup>2</sup>, conforme Equação 17.

$$HSP = \frac{I_g}{1 \text{ kW/m}^2} \quad (17)$$

Onde,

HSP = horas de sol pleno, em h/dia;

$I_g$  = Irradiação global média para o local, em kWh/m<sup>2</sup>.dia.

#### *Potência do sistema fotovoltaico*

A potência teórica do sistema fotovoltaico pode ser calculada através da Equação 18.

$$P_t = \frac{E_t}{HSP} \quad (18)$$

Onde,

$P_t$  = potência teórica do sistema fotovoltaico, em kW;

HSP = horas de sol pleno, em h/dia;

$E_t$  = demanda total de energia, em kWh/dia.

Sabe-se que em qualquer sistema fotovoltaico existem perdas de energia, as quais podem variar em função das condições de projeto e de instalação. Um parâmetro comumente utilizado para quantificar as perdas em sistemas fotovoltaicos é o *Performance Ratio* (PR), o qual designa a relação entre o rendimento real e o rendimento esperado do sistema. Através deste parâmetro, portanto, é possível determinar a potência real do sistema fotovoltaico, conforme Equação 19.

Salienta-se que os valores de PR sofreram significativa evolução com o passar dos anos. No final da década de 1980, os valores de PR comumente ficavam entre 50-75% e, nos dias atuais, podem alcançar valores pouco superiores a 90%. (VAN SARK et al., 2012).

$$P_{PV} = \frac{P_t}{PR} \quad (19)$$

Onde,

$P_{PV}$  = Potência real do sistema fotovoltaico, em kW;

$P_t$  = Potência teórica do sistema fotovoltaico, em kW;

PR = *Performance Ratio*, em %.

#### *Número de módulos fotovoltaicos*

O número de módulos fotovoltaicos (NM) que compõem o sistema é calculado baseado na potência real do sistema fotovoltaico e na potência nominal do módulo escolhido, conforme Equação 20.

$$N_M = \frac{P_{PV}}{P_{MOD}} \quad (20)$$

Onde,

$N_M$  = número de módulos fotovoltaicos;

$P_{PV}$  = Potência real do sistema fotovoltaico, em kW;

$P_{MOD}$  = Potência nominal do módulo, em kW.

Devem ser observadas algumas condições para que a tensão de saída do módulo fotovoltaico esteja dentro da faixa ótima de operação. Em vista disso, o número de módulos em série deve situar-se entre os valores resultantes da Equação 21 e 22.

$$N_{Smax} < \frac{V_{MAX}}{V_{CA,-10}} \quad (21)$$

Onde,

$N_{Smax}$  = número máximo de módulos por *string*;

$V_{MAX}$  = tensão DC máxima de entrada do inversor, em V;

$V_{CA,-10}$  = tensão em circuito aberto do módulo à temperatura de -10°C, em V.

$$N_{Smin} > \frac{V_{MIN}}{V_{MPP,70}} \quad (22)$$

Onde,

$N_{Smin}$  = número mínimo de módulos por *string*;

$V_{MIN}$  = tensão mínima de entrada do inversor, em V;

$V_{MPP,70}$  = tensão MPP do módulo à temperatura de 70°C, em V.

Nas folhas de especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos são fornecidos os coeficientes de temperatura, expressos em %/°C, que podem ser utilizados para calcular as características elétricas do módulo em qualquer situação (GREENPRO, 2004). Com o uso desses coeficientes junto à temperatura média do ambiente, torna-se possível calcular a  $V_{CA,-10}$  e  $V_{MPP,70}$ , conforme Equação 23 e 24, , respectivamente.

$$V_{CA,-10} = \left(1 - \frac{35^\circ\text{C} * \Delta V_{oc}}{100}\right) * V_{oc} \quad (23)$$

Onde,

$V_{CA,-10}$  = tensão em circuito aberto à temp. de -10°C, em V;

$V_{oc}$  = tensão em circuito aberto nas condições padrão, em V;

$\Delta V_{oc}$  = variação da tensão em circuito aberto, em %/°C.

$$V_{MAX,70} = \left(1 + \frac{45^{\circ}C * \Delta V_{MPP}}{100}\right) * V_{MPP} \quad (24)$$

Onde,

$V_{MAX,70}$  = tensão MPP do módulo à temperatura de 70°C, em V.

$V_{MPP}$  = tensão MPP nas condições padrão, em V;

$\Delta V_{MPP}$  = variação da tensão MPP, em %/°C.

Para obter um sistema fotovoltaico com maior potência, ligam-se fileiras (*strings*) em paralelo, fazendo com que haja um aumento da corrente elétrica produzida pelo gerador. Ressalta-se que o valor máximo da corrente de entrada do inversor não pode ser ultrapassado, portanto, deve-se determinar o número de *strings* em paralelo que podem ser instalados, conforme Equação 25. (ALVES et al., 2015)

$$N_p = \frac{I_{MAX}}{I_{SC}} \quad (25)$$

Onde,

$N_p$  = número de *strings* em paralelo;

$I_{MAX}$  = corrente de entrada do inversor, em A;

$I_{SC}$  = corrente de curto-circuito do módulo, em A.

Desta forma, o sistema será constituído por  $N_s$  módulos ligados em série e por  $N_p$  fileiras ligadas em paralelo. A quantidade total de módulos será dada pelo produto entre  $N_p$  e  $N_s$  (ALVES et al., 2015). Para o cálculo da área total de instalação necessária, basta multiplicar a área nominal de cada módulo, conforme especificação técnica do produto, pelo número total de módulos fotovoltaicos.

### 3.4.3 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento de inversores leva em consideração a potência estimada para o sistema fotovoltaico e o tipo de sistema selecionado. Como regra geral, a potência do inversor deve ser definida com base no intervalo da Equação 26. (PINHO; GALDINO, 2014)

$$0,7 * P_{PV} < P_{INVD} < 1,2 * P_{PV} \quad (26)$$

Onde,

$P_{PV}$  = potência do sistema fotovoltaico, em kW;

$P_{INV\ DC}$  = potência do inversor, em kW.

Com o intuito de otimizar a eficiência do inversor, este é frequentemente subdimensionado. Esta prática permite manter os elevados níveis de eficiência do inversor (superiores a 90%), mesmo para baixos níveis de irradiância solar. (PINHO; GALDINO, 2014)

### 3.5 ANÁLISE ECONÔMICA

#### 2.6.1 Indicadores de viabilidade econômica

Para a determinação da viabilidade econômica do investimento, serão utilizados três indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback* descontado.

Conforme Gomes (2009), a expressão para determinar o VPL pode ser dada pela Equação 27.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{B'_j}{(1+i)^j} \quad (27)$$

Onde,

$B'$  = benefício líquido no tempo  $j$ , em reais;

$i$  = taxa de juros, em %;

$n$  = número de períodos de tempo.

O *payback* descontado pode ser calculado pela Equação 28 (SAMANEZ, 2009).

$$I_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FCL_j}{(1+i)^j} \quad (28)$$

Onde,

$I_0$  = investimento a ser realizado, em reais;

$FCL$  = fluxo de caixa líquido no tempo  $j$ , em reais;

$i$  = taxa de juros, em %;

$n$  = número de períodos de tempo.

De forma prática, tanto o VPL, quanto o *payback* descontado e a TIR podem ser determinados por meio de uma planilha eletrônica. As funções comumente utilizadas no cálculo dos indicadores são: “VP”, “VPL” e “TIR”; além de fórmulas básicas auxiliares.

### 2.6.2 Tarifa de energia elétrica

De acordo com o DPAE (2018), a Fazenda da Ressacada, assim como outros Centros pertencentes à UFSC, enquadra-se como consumidor do subgrupo A4 (tensão de 2,3 kV a 44 Kv) – Horó Sazonal Verde. O Quadro 3 apresenta os valores das tarifas para o referido subgrupo, conforme ajuste tarifário da Resolução Homologatória nº 2.286/2017 da ANEEL.

Quadro 3 – Tarifa Horária Verde (sem tributos).

Subgrupos	Classificação	Componentes	Energia R\$/kWh
A3a	Todas as Classes	Ponta	1,15629
		Fora Ponta	0,31068
A4	Todas as Classes	Ponta	1,15629
		Fora Ponta	0,31068

Fonte: ANEEL (2017b).

O horário de ponta varia de acordo com a distribuidora e a localidade. Em Santa Catarina, o horário de ponta começa às 18h30min e vai até 21h30min (CELESC, 2018).

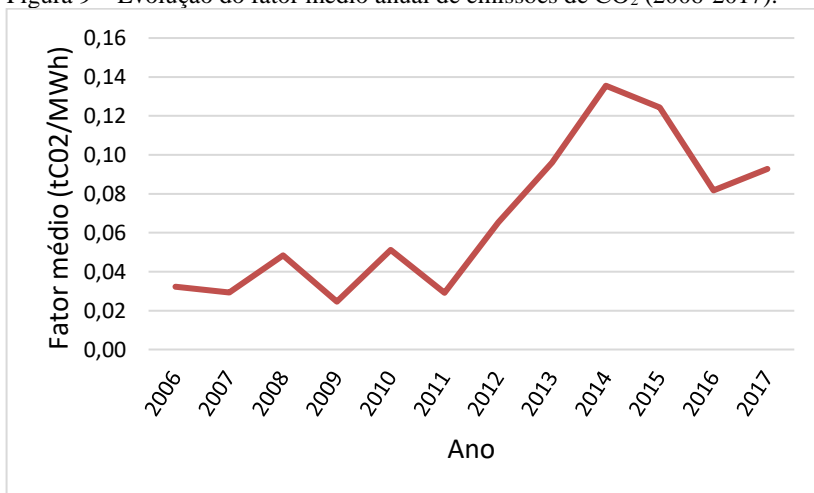
Sabe-se que os reajustes da tarifa de energia elétrica não são lineares, recebendo influências de variações na economia nacional. Em vista disso, não é possível determinar com precisão as tarifas de energia no futuro. No entanto, para fins de cálculo, foi considerado que o aumento do preço da tarifa irá acompanhar a taxa de inflação do país. O Índice Nacional de Preços do Consumidor Amplo (IPCA) médio nos últimos 10 anos (2007 a 2017) foi de 6,07% e a meta prevista para 2020 é de 4,0% (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018a). Dessa forma, foi estabelecido um reajuste anual tarifário de 5,0% ao ano durante o período de análise dos investimentos, baseado numa análise entre a inflação efetiva média dos últimos anos e a meta para 2020.

### 3.6 ANÁLISE AMBIENTAL

A análise ambiental consiste em estimar a contribuição do presente projeto, em termos de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, devido a substituição da energia elétrica convencional pela energia solar na Unidade de Ensino de Suinocultura (UES).

Para esta análise, foi considerada a ferramenta metodológica “*Tool to calculate the emission factor for an electricity system*, versão 4.0 e anteriores”, validada pelo Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A ferramenta permite o cálculo dos fatores de emissão de CO<sub>2</sub>, tendo utilidade associada a projetos de MDL, visando estimar as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) dos referidos projetos. (BRASIL, 2018b). A Figura 9 exibe a evolução do fator médio anual de emissão de CO<sub>2</sub>, levantados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Figura 9 – Evolução do fator médio anual de emissões de CO<sub>2</sub> (2006-2017).



Fonte: Desenvolvido pela autora; dados retirados de BRASIL (2018a).

Para a análise ambiental do presente estudo adotou-se o fator médio anual de emissão do ano de 2017, igual a 0,0927 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh. (BRASIL, 2018a)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PARÂMETROS GERAIS

#### 4.1.1 Inclinação dos telhados

Através das Equações 1 e 2 e da indicação de inclinação para coletores solares da ABNT (2008), foi possível calcular as inclinações ótimas para cada tipo de sistema solar. A Tabela 8 apresenta os resultados de inclinação ótima em relação ao plano horizontal.

Tabela 8 – Inclinações ótimas para cada sistema solar.

<b>Sistema</b>	<b>Inclinação ótima (°)</b>
Aquecimento Solar	37,68
Sistema fotovoltaico isolado	34,60
Sistema fotovoltaico conectado à rede	22,80

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Foi definida uma inclinação padrão intermediária capaz de atender satisfatoriamente todos os tipos de sistemas solares, tanto painéis fotovoltaicos como coletores solares. A inclinação dos telhados em relação ao plano horizontal será de 30° em todas as unidades da UES.

#### 4.1.2 Orientação para o norte geográfico

Para alcançar uma boa eficiência dos painéis e coletores solares é imprescindível ter conhecimento da orientação dos telhados em relação ao norte geográfico, visto que diferenças de ângulos maiores que 30°, tanto para Leste quanto para Oeste, não são recomendadas. Para isso, calculou-se a orientação dos galpões da UES, cujos resultados encontram-se evidenciados na Tabela 9.

Tabela 9 – Orientações dos galpões em relação ao norte geográfico.

<b>Unidade</b>	<b>Ângulo em relação ao Norte Geográfico (°C)</b>
Galpão de Acesso	28,18
Demais galpões	0,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.



## 4.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

### 4.2.1 Dados de entrada

Para o dimensionamento do sistema de aquecimento solar foi considerada uma irradiação solar diária média de 3,80 kWh/m<sup>2</sup>.dia, que corresponde a irradiação dos meses de inverno na Fazenda Ressacada para uma inclinação de 30° (CRESESB, 2017). Os demais parâmetros de entrada utilizados no dimensionamento encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros de entrada para dimensionamento do SAS.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Volume de consumo diário (m <sup>3</sup> )	V <sub>consumo</sub>	2,52
	T <sub>consumo</sub>	40
Temperatura	T <sub>ambiente (mínima)</sub>	17,30
	T <sub>armaz</sub>	47
Massa específica da água (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$	1000
Calor específico da água (kJ/kg)	C <sub>p</sub>	4,18
Inclinação do coletor (°C)	$\beta$	30
Inclinação ótima do coletor (°C)	$\beta_{\text{ótimo}}$	37,68
Ângulo de orientação em relação ao norte geográfico (°C)	$\gamma$	28,18
Irradiação global média dos meses de inverno (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	I <sub>g</sub>	3,80

Fonte: Desenvolvido pela autora.

### 4.2.2 Coletor solar

Após o levantamento de dados técnicos e valores de mercado dos principais fabricantes de coletores solares, optou-se pelo modelo que se mostrou viável economicamente e com alta eficiência. O coletor solar selecionado possui uma área de 4,25 m<sup>2</sup> e é composto por um sistema com 30 tubos à vácuo. Em termos de rendimento, o coletor é classificado na categoria “A” (INMETRO, 2017a). Os dados técnicos do coletor solar estão especificados no Anexo B.

A sucessão de equações do item 3.3.1 (Equação 4 a 9) permitem calcular os valores de volume de armazenamento e área coletora do sistema de aquecimento solar, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do dimensionamento do SAS.

<b>Parâmetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>
Volume de armazenamento diário (m <sup>3</sup> )	V <sub>armaz.</sub>	1,93
Energia útil (kWh/dia)	E <sub>útil</sub>	66,42
Energia de perdas (kWh/dia)	E <sub>perdas</sub>	9,96
Fator de correção para inclinação e orientação	FC <sub>instal</sub>	1,04
Produção média diária de energia específica do coletor solar (kWh/m <sup>2</sup> )	PMDEE	3,40
Área coletora necessária (m <sup>2</sup> )	A <sub>necessária</sub>	30,04
Número de coletores	N <sub>coletores</sub>	8
Área coletora total (m <sup>2</sup> )	A <sub>coletora</sub>	34,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Para suprir a demanda de água quente serão necessários oito coletores solares, totalizando uma área coletora de 34 m<sup>2</sup>. Salienta-se que o sistema de aquecimento solar será instalado na Unidade de Acesso, posto que este concentra a maior demanda de água quente.

#### 4.2.3 Reservatório Térmico

Para atender a demanda de água quente de 1,93 m<sup>3</sup> será necessário um reservatório de 2000 L. Visto que o maior volume comercial certificado atualmente pelo INMETRO é de 1000 L, optou-se por um sistema composto por dois reservatórios térmicos de 1000 L cada. O reservatório selecionado atua em baixa pressão, pois a caixa de água fria que alimenta o boiler encontra-se em um desnível menor que quatro metros

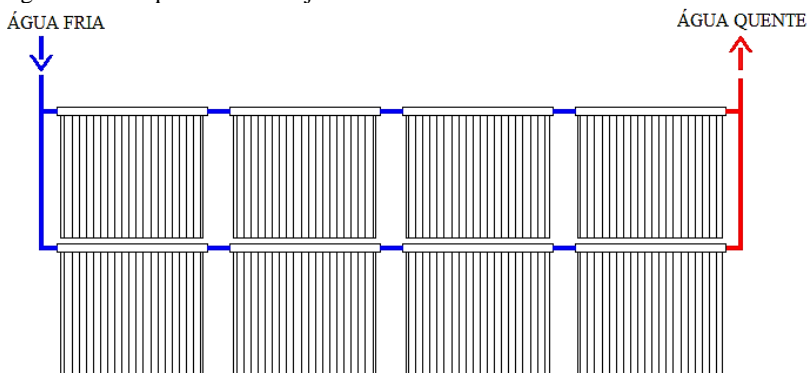
Sabe-se que a água de chuva tende a ser mais ácida, portanto, um reservatório térmico com boa resistência à corrosão é fundamental para a garantia de vida útil do produto. Apesar de outros modelos se mostrarem economicamente mais viáveis, optou-se por um reservatório composto por aço inox AISI 316, o qual possui maior resistência em ambientes com águas agressivas. Os dados técnicos do reservatório térmico selecionado estão especificados no Anexo B.

#### 4.2.4 Arranjo do sistema de aquecimento solar

Após a análise das possíveis configurações do sistema de aquecimento solar, optou-se pela concepção de um sistema composto por dois boilers interligados paralelamente através da saída de água quente. Os coletores, em total de oito unidades, serão instalados

formando dois subconjuntos de quatro coletores. Ou seja, os coletores arranjados horizontalmente (lado a lado) serão conectados em série, enquanto que os coletores arranjados verticalmente serão conectados em paralelo. Isso permite que a recomendação do número máximo de coletores em série e em paralelo seja atendida. A Figura 10 apresenta um esquema do arranjo dos coletores solares.

Figura 10 – Esquema do arranjo dos coletores solares.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Visando o aproveitamento da gravidade e do espaço disponível, optou-se por uma circulação por termossifão do tipo “em nível”, seguindo as especificações técnicas recomendadas pelo fabricante e pela NBR 15569 (ABNT, 2008). A planta baixa, detalhe isométrico e cortes do sistema de aquecimento solar encontram-se nos Apêndices A e B.

#### 4.3 SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

O bombeamento hidráulico se dará através de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), escolhido com base em duas premissas principais. A primeira se justifica pela existência de rede elétrica no local de instalação, sendo portanto uma alternativa promissora; e a segunda pelo contexto ambiental, visto que as baterias dos sistemas isolados podem ser prejudiciais ao meio ambiente.

### 4.3.1 Conjuntos motobombas

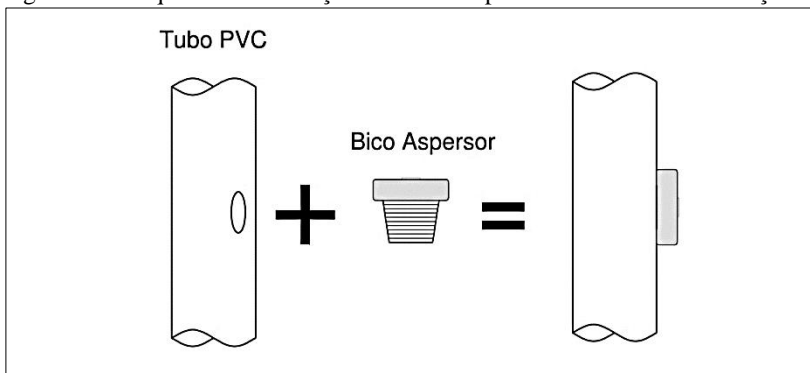
Para cada sistema de bombeamento considerou-se um conjunto de duas motobombas, sendo uma para reserva. Foram previstos registros de gaveta, válvulas de retenção, uniões, reduções e válvulas de pé com crivo, além de tubulações para mudanças de direção, como curvas de 90 e 45°.

Sempre que possível, deve-se optar pelo posicionamento do eixo da motobomba abaixo do nível mínimo de água no reservatório, caracterizando uma sucção afogada. Essa configuração, adotada no presente projeto, é recomendada para evitar a cavitação na motobomba, fenômeno responsável por reduzir a capacidade da bomba e causar possíveis defeitos mecânicos.

#### *Arcos de desinfecção*

Os bicos aspersores devem ser instalados através de perfurações feitas diretamente nas tubulações de PVC. A rosca do bico aspersor possui formato côncavo para evitar vazamentos, dispensando assim o uso de chulinhás. O esquema de instalação dos bicos pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Esquema de instalação dos bicos aspersores: arcos de desinfecção.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

No reservatório de água deverá ser preparada uma solução para desinfecção dos veículos a base de amônia quaternária. Primeiramente, deve-se aplicar uma solução com detergente diluído em água. Após a

lavagem completa do veículo, aplica-se o desinfetante, em volumes definidos pelo fornecedor.

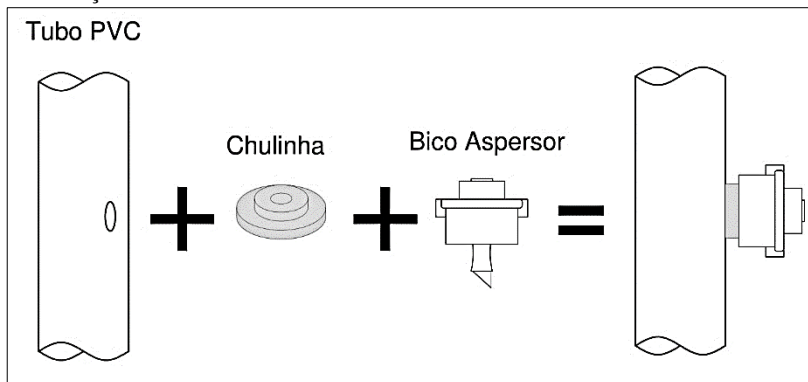
Os diâmetros adotados para o sistema de recalque e sucção foram 32 e 40 mm, respectivamente. Os desenhos técnicos do sistema de bombeamento dos arcos de desinfecção encontram-se no Apêndice C.

### *Sistemas de nebulização*

Cada sistema é composto por um conjunto de bicos aspersores espaçados de modo a permitir um resfriamento evaporativo homogêneo em todas as baias de suínos. As tubulações de nebulização passam pelo centro de cada baia em uma altura igual a 2,90 metros.

Os bicos devem ser instalados através de perfurações feitas diretamente nas tubulações de PVC. Os furos são feitos com broca chata de 5/16’’ e, para uma perfeita vedação, devem ser instaladas chulinhas de 1/4’’. Na Figura 12 pode ser visualizado o esquema de instalação dos bicos aspersores.

Figura 12 – Esquema de instalação dos bicos aspersores: sistema de nebulização.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

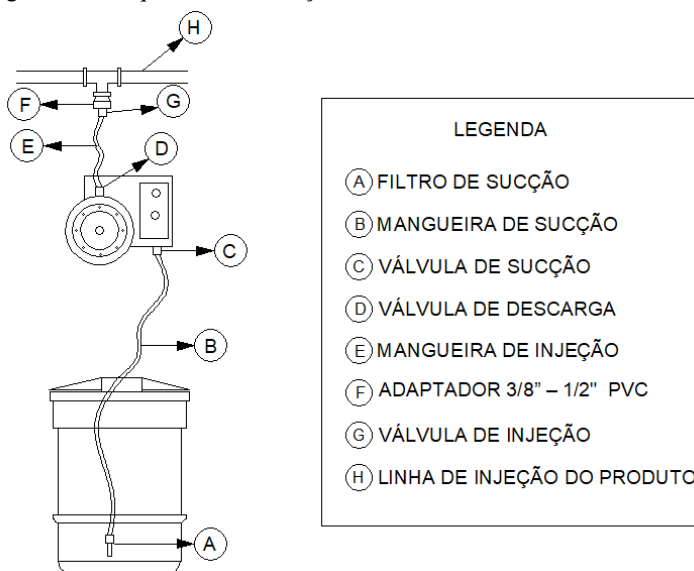
Os sistemas de bombeamento de nebulização encontram-se alocados em casas de bombas, onde também serão acomodados os sistemas de captação de água da chuva. Os desenhos técnicos das casas de bombas, com plantas baixas e cortes, constam no Apêndice D.

Os diâmetros adotados para o sistema de recalque e sucção foram 20 e 25 mm, respectivamente. Os desenhos técnicos do sistema de bombeamento de nebulização encontram-se nos Apêndices E, F e G.

### *Aproveitamento de água da chuva*

O sistema de recalque de água da chuva é composto por um conjunto motobomba para recalque, um filtro rápido sob pressão para tratamento de água e um conjunto motobomba para dosagem de cloro. A bomba de recalque e a bomba dosadora possuem um sistema elétrico interligado, o qual permite que as bombas liguem e desliguem simultaneamente. O esquema de instalação das bombas dosadoras pode ser visualizado por meio da Figura 13.

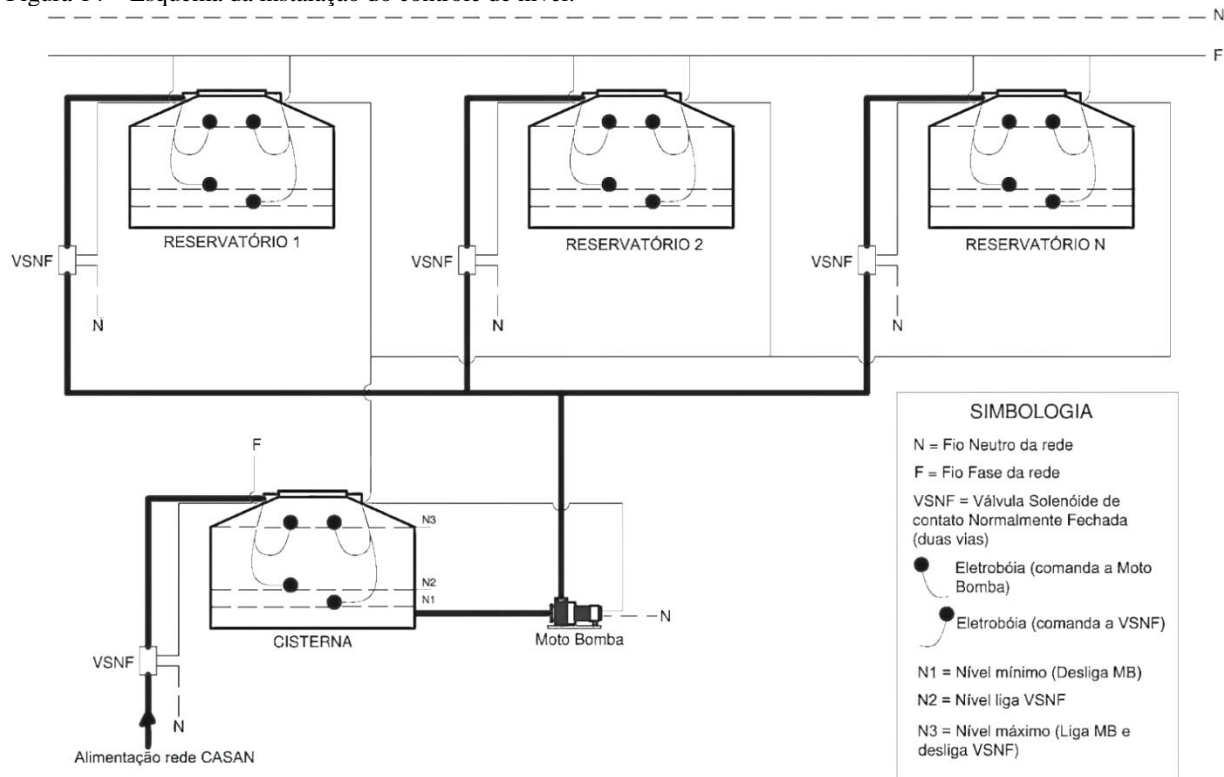
Figura 13 – Esquema de instalação da bomba dosadora.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Atenta-se para o sistema de controle de nível dos reservatórios, o qual funciona por meio de eletroboias e válvulas solenoide. Embora não seja muito comum, existem sistemas em que uma única cisterna pode abastecer dois ou mais reservatórios superiores. Um esquema da instalação do sistema de controle de nível com "n" reservatórios superiores encontra-se ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Esquema da instalação do controle de nível.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

O instante em que as bombas ligam e desligam é controlado através do nível de água do reservatório superior. Quando a lâmina de água diminui o equivalente a um dia de consumo, a bomba é acionada e quando a lâmina atinge o nível máximo do reservatório, a bomba desliga. A Tabela 12 mostra o cálculo dos níveis de água que controlam o funcionamento da motobomba.

Tabela 12 - Níveis de água para acionamento das bombas.

Unidade	Volume bombeado (L)	Diâmetro (m)	Níveis em relação ao fundo do reservatório (m)	
			Liga bomba	Desliga bomba
Acesso	4084	1,80	0,20	1,00
Gestação	1134	1,80	0,77	1,00
Maternidade	748	1,55	0,50	0,70
Creche	609	1,80	0,76	1,00
Terminação	1238	1,72	0,73	1,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Os sistemas de bombeamento de água da chuva encontram-se alocados em casas de bombas, onde também serão acomodados os sistemas de bombeamento de nebulização, quando existentes.

Os diâmetros adotados para o sistema de recalque e sucção foram 20 e 25 mm, respectivamente. Os desenhos técnicos dos sistemas de bombeamento de água da chuva encontram-se nos Apêndices H, I, J, K e L.

### *Estação de tratamento de esgotos*

O sistema de bombeamento de esgotos objetiva a condução controlada de efluente da caixa de homogeneização para o *wetland* da estação de tratamento. No interior da caixa de homogeneização foi projetado um sistema de recirculação de efluente, com o intuito de mantê-lo sempre homogêneo, e assim, evitar obstruções.

A vazão que vai para o *wetland* é de 5,25 m<sup>3</sup>/h (SANTOS, 2018) e a vazão de recirculação adotada é de 7,05 m<sup>3</sup>/h. Deste modo, a vazão de trabalho da bomba é a soma das vazões supracitadas, alcançando um valor total de 12,3 m<sup>3</sup>/h.

Visto que se tratam de efluentes com partículas de sólidos em suspensão, houve necessidade de adotar diâmetros maiores do que os calculados com a fórmula de Bresse. O diâmetro adotado para o sistema



de recalque foi de 50 mm no trecho que corresponde a vazão total, e 40 mm nos trechos de recirculação e de aplicação para o *wetland*.

Os desenhos técnicos do sistema de bombeamento de esgotos encontram-se no Apêndice M.

### *Transporte de dejetos*

Foram projetados dois conjuntos motobombas para transporte de dejetos, um alocado na estação elevatória e outro na estação de tratamento.

Para o transporte de dejetos, também houve necessidade de adotar diâmetros maiores do que os calculados com a fórmula de Bresse. O diâmetro adotado nos dois sistemas de recalque foi de 50 mm. Os desenhos técnicos dos sistemas de bombeamento de dejetos encontram-se nos Apêndices N e O.

#### **4.3.2 Dimensionamento dos sistemas de recalque**

Mediante informações conhecidas de volumes, períodos e frequência de bombeamento foi possível dimensionar os diâmetros de recalque pela Equação 10, e os diâmetros de sucção pelo critério prático. Ressalta-se que nos sistemas de nebulização, desinfecção de veículos e na estação de tratamento de esgotos, a vazão de recalque se reduz a medida que passa pelos bicos ou orifícios, caracterizando uma distribuição de vazão em marcha. Nesses casos, foi necessário calcular a vazão fictícia dos trechos, por meio da Equação 11.

Para o cálculo das perdas de carga considerou-se as perdas relativas ao comprimento da tubulação e acessórios utilizados. Conhecendo-se os valores de altura geométrica, pressão necessária e perdas de carga, é possível determinar, pela Equação 14, a altura manométrica total para a vazão de projeto. Por fim, com os valores de vazão de recalque e altura manométrica é possível escolher, através de catálogos, o modelo de motobomba ideal para atender as necessidades do projeto. Os dimensionamentos dos sistemas de recalque são apresentados no Apêndice P.

Nos sistemas de transporte de efluentes, em que há necessidade de um diâmetro maior para evitar obstrução das tubulações, foram adotadas bombas submersíveis próprias para condução de materiais com

sólidos em suspensão. Na Tabela 13 são apresentados os conjuntos motobombas selecionados para cada sistema de bombeamento.

Tabela 13 – Conjuntos motobombas.

<b>Sistema</b>	<b>Bomba</b>	<b>Potência (CV)</b>
Arcos de desinfecção	Multiestágio Thebe TBO-1811	1 1/2
Nebulização - Unidade de Gestação	Autoaspirante APP-13 Thebe	1/4
Nebulização - Unidade de Creche	Autoaspirante APP-13 Thebe	1/4
Nebulização - Unidade de Terminação	Autoaspirante APP-13 Thebe	1/4
Água da Chuva - Unidade de Acesso	Autoaspirante Versajet VJ-07	3/4
Água da Chuva - Unidade de Gestação	Autoaspirante Versajet VJ-07	3/4
Água da Chuva - Unidade de Maternidade	Autoaspirante Versajet VJ-07	3/4
Água da Chuva - Unidade de Creche	Autoaspirante Versajet VJ-07	3/4
Água da Chuva - Unidade de Terminação	Autoaspirante Versajet VJ-07	3/4
Estação de Tratamento de Esgotos	Centrífuga Submersível Schneider BCS-350	1/2
Estação de Tratamento de Dejetos	Centrífuga Submersível Thebe TSB 250	2
Estação Elevatória de Dejetos	Centrífuga Submersível Thebe TSB 250	1

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Para o recalque de água, foram selecionadas motobombas centrífugas ou autoaspirantes, ambas projetadas para trabalharem afogadas. Já nos sistemas de transporte de efluentes, foram selecionadas motobombas do tipo submersível, específicas para recalque de águas sujas com partículas em suspensão. As potências dos conjuntos motobombas variaram entre 1/4 e 2 CV, a depender da necessidade do sistema.

### *Ponto ótimo de trabalho*

Na escolha do conjunto motobomba, deve-se atentar para que a vazão de projeto encontre-se dentro da faixa recomendada. De

preferência, tanto a vazão quanto a altura manométrica do ponto de trabalho devem ser maiores ou iguais aos valores de projeto, visando prever o envelhecimento da instalação. Os gráficos das curvas do sistema e da bomba encontram-se no Apêndice Q.

### **4.3.3 Dimensionamento do sistema fotovoltaico**

#### *Potência do sistema fotovoltaico*

Para o cálculo da potência do sistema fotovoltaico, levou-se em consideração o dia de maior consumo, ou seja, o dia em que haverá visitação de alunos e utilização dos sistemas de nebulização e desinfecção de veículos.

Conhecidos os valores de vazão de recalque e altura manométrica, foi possível calcular, por meio da Equação 15, a potência requerida para cada sistema de bombeamento. Com os valores de potência e tempo de funcionamento da bomba, calculou-se o consumo diário de cada bomba. A demanda total do sistema fotovoltaico, conforme evidenciado pela Equação 16, é o somatório das demandas de cada sistema de bombeamento. A Tabela 14 apresenta os cálculos supracitados.

Tabela 14 – Cálculo da demanda do sistema fotovoltaico.

<b>Sistema</b>	<b>Vazão de recalque</b>	<b>Altura Manométrica</b>	<b>Potência</b>	<b>Tempo de funcionamento</b>	<b>Consumo diário</b>
	<b>(m³/h)</b>	<b>(m)</b>	<b>(W)</b>	<b>(horas/dia)</b>	<b>(Wh)</b>
Arcos de desinfecção	5,76	43,99	1294	0,011	14,38
Nebulização - Unidade de Geração	0,2286	26,66	31	1,5	46,69
Nebulização - Unidade de Creche	0,1524	26,58	21	1,5	31,04
Nebulização - Unidade de Terminação	0,1524	26,59	21	1,5	31,05
Água da Chuva - Unidade de Acesso	1,5	34,05	261	3,0	782,58
Água da Chuva - Unidade de Geração	1,5	30,46	233	0,83	193,67
Água da Chuva - Unidade de Creche	1,5	28,75	220	0,55	121,13
Água da Chuva - Unidade de Maternidade	1,5	29,72	228	0,45	102,46
Água da Chuva - Unidade de Terminação	1,5	29,57	227	0,91	206,16
Estação de Tratamento de Esgotos	12,30	4,33	272	0,33	90,59
Estação de Tratamento de Dejetos	9,42	7,30	351	0,3	105,42
Estação Elevatória de Dejetos	5,65	5,25	151	0,5	75,71
<b>TOTAL</b>					<b>1800,87</b>

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Conforme observado, a demanda total do sistema fotovoltaico foi de 1800,87 Wh/dia.

Considerando a irradiação média do local dos meses de inverno calculou-se, através da Equação 17, o número de horas de sol pleno (HPS). O cálculo retornou um HSP equivalente a 3,80 horas/dia. Por meio das Equações 18 e 19, foi possível calcular a potência teórica e real do sistema, as quais resultaram em 473,9 e 592,4 W, respectivamente. Ressalta-se que foi considerado um índice PR igual a 80%.

### *Inversor e número de módulos*

Primeiramente, foi necessário selecionar os modelos de inversor e módulo fotovoltaico que irão compor o sistema. Ambos os produtos possuem certificação do INMETRO. Através do intervalo de potência estipulado pela Equação 26, foi adotado um inversor com potência de 500 W, visando atender a demanda total do sistema fotovoltaico.

Foi feita uma primeira aproximação do número de módulos fotovoltaicos por meio da Equação 20, resultando em dois módulos. Os dados técnicos do módulo e do inversor, que constam no Anexo C, foram utilizados como parâmetros de entrada das Equações 21 a 25, que determinam o número efetivo de módulos fotovoltaicos. Os cálculos encontram-se evidenciados na Tabela 15.

Tabela 15 – Cálculo do número de módulos fotovoltaicos.

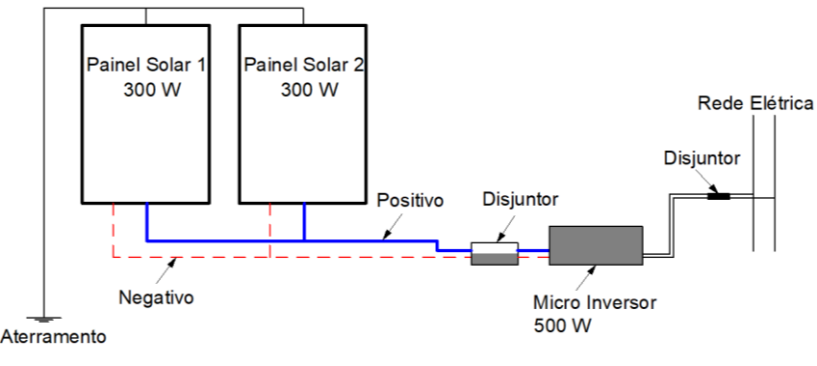
<b>Tensão em circuito aberto à temperatura de -10°C (V)</b>	50,37
<b>Número máximo de módulos em série</b>	1,19
<b>Tensão MPP do módulo à temperatura de 70°C (V)</b>	29,79
<b>Número mínimo de módulos em série</b>	0,54
<b>Número de módulos em série adotado</b>	1,00
<b>Número de strings em paralelo</b>	2,00
<b>Número total de módulos</b>	2
<b>Área total necessária (m<sup>2</sup>)</b>	3,88
<b>Potência instalada (W)</b>	600
<b>Classificação ANEEL (2012a)</b>	Microgeração

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Portanto, serão instalados dois módulos fotovoltaicos em paralelo. Em virtude da pequena área necessária para instalação (aproximadamente 3,9 m<sup>2</sup>) foi selecionada a Unidade de Acesso para

locação do sistema fotovoltaico. A Figura 15 apresenta um esquema do arranjo dos módulos fotovoltaicos e inversor.

Figura 15 – Esquema do arranjo dos módulos fotovoltaicos.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

4.4 QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Para análise do quantitativo de materiais foram considerados os custos de implantação com tubulações, conexões e acessórios (como reservatórios, motobombas, painéis solares e dispositivos de proteção) para o sistema de aquecimento solar e bombeamento fotovoltaico.

O quantitativo de materiais para a implantação do SAS, os custos e suas fontes, são apresentados na Tabela 16. Para o projeto de bombeamento fotovoltaico, essas informações encontram-se expostas no Apêndice R.

Tabela 16 – Quantitativo de materiais: sistema de aquecimento solar.

Material	Quant.	Valor unit.	Valor Total	Fonte
Reservatório Térmico Tempersol BP 1000L	2	R\$ 4044,00	R\$ 8088,00	Sunfox
Coletor solar Maxsun 30 Tubos BP	8	R\$ 1480,00	R\$ 11840,00	Maxsun
<b>Total</b>			<b>R\$ 19928,00</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

O preço total estimado para a implantação do Sistema de Aquecimento Solar foi de R\$ 19928,00. O custo total para instalação dos sistemas de bombeamento, considerando os materiais de recalque e de construção das casas de bombas, foi de R\$ 88.153,90. Já para o

sistema fotovoltaico, o preço estimado para implantação foi de R\$ 3.172,06.

Em termos de manutenção, recomenda-se a inspeção de todo o sistema de aquecimento solar periodicamente a cada seis meses, variando para mais ou menos de acordo com o local de instalação. Nas inspeções, deve-se verificar a necessidade de limpeza dos equipamentos, considerando eventuais custos com água e produtos de limpeza.

Nos sistemas de bombeamento, deve-se realizar inspeção mensal de todas as bombas, para verificar eventuais problemas estruturais e de operação. A cada ano, ou assim que houver necessidade, deve-se realizar a troca de óleo.

A manutenção preventiva dos sistemas fotovoltaicos basicamente se resume a uma limpeza periódica, com o objetivo de reduzir o risco de danos no sistema. Grande parte da manutenção já é realizada pela chuva, no entanto, uma limpeza periódica manual é necessária. Quanto ao inversor, este não exige grande manutenção, porém é aconselhável que se faça uma vez por ano, verificando a existência de sujeiras que possam causar uma perda de eficiência.

Tabela 17 – Custos de manutenção dos sistemas.

<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Fonte</b>
Limpeza do SAS	R\$ 30,00	6 meses	Consulta ao mercado
Manutenção da bomba, troca de óleo	R\$ 72,00	1 ano	Manual Schneider; Consulta ao mercado
Manutenção do sistema fotovoltaico	R\$ 30,00	6 meses	Consulta ao mercado

Fonte: Desenvolvido pela autora.

#### 4.5 ANÁLISE ECONÔMICA

A taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) é uma taxa básica de juros que representa um dos mais importantes indicadores econômicos do mercado financeiro, servindo como referência para toda a economia. Em vista disso, a alíquota da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi igualada a taxa SELIC, com valor atual equivalente a 6,40 % ao ano. (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018b).

É usual a utilização da vida útil do sistema como período de análise do investimento. Portanto, definiu-se um intervalo igual a 20

anos para realização da análise econômica, que corresponde ao tempo médio de vida útil dos equipamentos do presente trabalho.

Em termos de tarifação de energia elétrica, conforme exposto no item 2.6.2, a Fazenda da Ressacada é enquadrada como consumidora do subgrupo A4 – Horo Sazonal Verde. Sabe-se que a tarifação para este subgrupo depende de outros fatores além do consumo, como a demanda contratada e custos com lançamentos e serviços. Em vista disso, os valores de tarifa para o subgrupo A4, apresentados no Quadro 3, representam apenas a base teórica para o cálculo do preço unitário do kWh. Para uma análise mais autêntica da tarifação do empreendimento foi levado em consideração a média de preço por kWh das contas de energia elétrica da Fazenda Ressacada no período de Set./2017 a Fev./2018, que atingem o preço médio de 0,76 (setenta e seis centavos) por kWh. A escolha deste período se deu em virtude do reajuste tarifário de 2017, o qual começou a vigorar em setembro do mesmo ano.

#### 4.5.1 Sistema de Aquecimento Solar

Para a análise de custos de investimento foram contabilizados os custos totais com os equipamentos adquiridos inicialmente, bem como as despesas com manutenção. Os custos totais de investimento estão expostos na Tabela 18. Ressalta-se que os custos com tubulações e conexões foram desconsiderados da análise por fazerem parte das redes de água fria e quente convencional.

Tabela 18 – Custos de investimento do sistema de aquecimento solar.

<b>Investimento</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Equipamentos	19.928,00
Manutenção (a cada 6 meses)	30,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Em virtude do sistema de aquecimento solar ser dimensionado para a situação mais crítica do ano, ou seja, considerando a radiação e temperatura típica dos meses de inverno, assumiu-se que os coletores são autossuficientes durante todo o ano.

Para localidades situadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o INMETRO (2016) recomenda a utilização de chuveiros com classe de potência F ou G, ou seja, com potências variando entre 6.800 e 7.900 W, ou maiores. Para os cálculos de economia de energia elétrica, considerou-se um chuveiro com potência de 7000 W.



A Tabela 19 apresenta o cálculo do consumo de energia elétrica para o empreendimento, com base nos parâmetros de projeto que constam na Tabela 2.

Tabela 19 – Cálculo do consumo energético do sistema de aquecimento solar.

<b>Potência do chuveiro (W)</b>	7000
<b>Horas de funcionamento (horas/mês)</b>	74,67
<b>Consumo no mês (kWh/mês)</b>	522,67
<b>Consumo anual (kWh)</b>	6272,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Para a análise econômica, foram observados custos de manutenção com água e eventuais produtos de limpeza, sendo os mesmos reajustados a uma taxa de 5% ao ano. Com base nessas premissas, observa-se na Tabela 22 o fluxo de caixa projetado para o período de 20 anos.

Tabela 20 – Fluxo de caixa projetado para o sistema de aquecimento solar.

Ano	Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) *	Economia com energia (R\$)	Manutenção (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Fluxo de Caixa Descontado (R\$)	Saldo Descontado (R\$)
0				-R\$ 19.928,00	-R\$ 19.928,00	-R\$ 19.928,00
1	R\$ 0,76	R\$ 4.749,36	R\$ 60,00	R\$ 4.689,36	R\$ 4.407,30	-R\$ 15.520,70
2	R\$ 0,80	R\$ 4.986,83	R\$ 63,00	R\$ 4.923,83	R\$ 4.349,31	-R\$ 11.171,40
3	R\$ 0,83	R\$ 5.236,17	R\$ 66,15	R\$ 5.170,02	R\$ 4.292,08	-R\$ 6.879,32
4	R\$ 0,88	R\$ 5.497,98	R\$ 69,46	R\$ 5.428,53	R\$ 4.235,60	-R\$ 2.643,71
5	R\$ 0,92	R\$ 5.772,88	R\$ 72,93	R\$ 5.699,95	R\$ 4.179,87	R\$ 1.536,16
6	R\$ 0,97	R\$ 6.061,53	R\$ 76,58	R\$ 5.984,95	R\$ 4.124,87	R\$ 5.661,04
7	R\$ 1,01	R\$ 6.364,60	R\$ 80,41	R\$ 6.284,20	R\$ 4.070,60	R\$ 9.731,63
8	R\$ 1,07	R\$ 6.682,83	R\$ 84,43	R\$ 6.598,41	R\$ 4.017,04	R\$ 13.748,67
9	R\$ 1,12	R\$ 7.016,97	R\$ 88,65	R\$ 6.928,33	R\$ 3.964,18	R\$ 17.712,86
10	R\$ 1,17	R\$ 7.367,82	R\$ 93,08	R\$ 7.274,74	R\$ 3.912,02	R\$ 21.624,88
11	R\$ 1,23	R\$ 7.736,21	R\$ 97,73	R\$ 7.638,48	R\$ 3.860,55	R\$ 25.485,43
12	R\$ 1,30	R\$ 8.123,03	R\$ 102,62	R\$ 8.020,40	R\$ 3.809,75	R\$ 29.295,18
13	R\$ 1,36	R\$ 8.529,18	R\$ 107,75	R\$ 8.421,43	R\$ 3.759,62	R\$ 33.054,81
14	R\$ 1,43	R\$ 8.955,64	R\$ 113,14	R\$ 8.842,50	R\$ 3.710,16	R\$ 36.764,96
15	R\$ 1,50	R\$ 9.403,42	R\$ 118,80	R\$ 9.284,62	R\$ 3.661,34	R\$ 40.426,30
16	R\$ 1,57	R\$ 9.873,59	R\$ 124,74	R\$ 9.748,85	R\$ 3.613,16	R\$ 44.039,46
17	R\$ 1,65	R\$ 10.367,27	R\$ 130,97	R\$ 10.236,29	R\$ 3.565,62	R\$ 47.605,08
18	R\$ 1,74	R\$ 10.885,63	R\$ 137,52	R\$ 10.748,11	R\$ 3.518,70	R\$ 51.123,79
19	R\$ 1,82	R\$ 11.429,91	R\$ 144,40	R\$ 11.285,52	R\$ 3.472,41	R\$ 54.596,19
20	R\$ 1,91	R\$ 12.001,41	R\$ 151,62	R\$ 11.849,79	R\$ 3.426,72	R\$ 58.022,91
<b>TMA (%)</b>		<b>VLP</b>		<b>TIR</b>		<b>Payback Descontado</b>
6,40%		R\$ 58.022,91		28%		4 anos e 8 meses

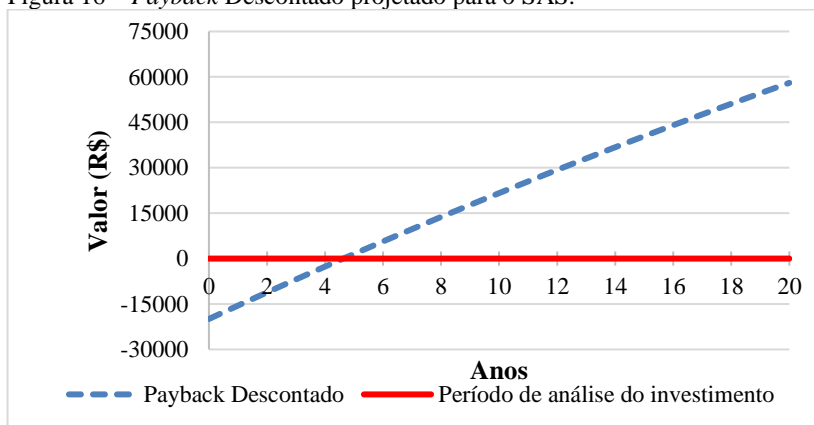
\* Reajuste de 5,0 % a.a. na Tarifa de Energia Elétrica.

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Observando os resultados dos métodos aplicados, constatou-se que a previsão de economia com energia elétrica para o primeiro ano foi de R\$ 4.749,36. O VPL ao final do vigésimo ano foi de R\$ 58.022,91 e a TIR, 28%. O *payback* descontado, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade de 6,40 % ao ano, proporcionou a recuperação do investimento em um período de quatro anos e oito meses.

Foi verificado que todos os indicadores analisados apontaram para um investimento atrativo do ponto de vista econômico. Para melhor ilustrar, segue *payback* descontado conforme Figura 16.

Figura 16 – *Payback* Descontado projetado para o SAS.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

#### 4.5.2 Sistema Fotovoltaico

Para a análise de custos de investimento do sistema fotovoltaico foram contabilizados apenas os custos referentes aos equipamentos fotovoltaicos e manutenção destes. Os custos com os equipamentos de bombeamento foram desconsiderados da análise por não integrarem o investimento fotovoltaico propriamente. Os custos totais de investimento estão expostos na Tabela 21.

Tabela 21 – Custos totais de investimento do Sistema Fotovoltaico.

Investimento	Custo (R\$)
Equipamentos	3.172,06
Manutenção (a cada 6 meses)	30,00

Fonte: Desenvolvido pela autora.

O cálculo da economia de energia elétrica foi realizado pelo produto entre a potência absorvida pela bomba e o seu tempo de funcionamento. Para a análise, considerou-se que o sistema fotovoltaico é autossuficiente durante todo o ano. A Tabela 22 expõe os cálculos de economia com energia elétrica.

Tabela 22 – Cálculo do consumo energético do sistema de bombeamento fotovoltaico.

<b>Sistema</b>	<b>Potência absorvida (kW)</b>	<b>Horas de funcion. (ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo anual (kWh)</b>	<b>Economia anual (R\$)</b>
Arcos de desinfecção	1,294	0,53	0,69	R\$ 0,52
Nebulização - Unidade de Geração	0,031	270,00	8,40	R\$ 6,39
Nebulização - Unidade de Creche	0,021	270,00	5,59	R\$ 4,25
Nebulização - Unidade de Terminação	0,021	270,00	5,59	R\$ 4,25
Água da Chuva - Unidade de Acesso	0,261	1080,00	281,73	R\$ 214,11
Água da Chuva - Unidade de Geração	0,233	298,80	69,72	R\$ 52,99
Água da Chuva - Unidade de Maternidade	0,220	162,00	35,68	R\$ 27,12
Água da Chuva - Unidade de Creche	0,228	198,00	45,08	R\$ 34,26
Água da Chuva - Unidade de Terminação	0,227	327,60	74,22	R\$ 56,40
Estação de Tratamento de Esgotos	0,272	120,00	32,61	R\$ 24,79
Estação de Tratamento de Dejetos	0,351	108,00	37,95	R\$ 28,84
Estação Elevatória de Dejetos	0,151	180,00	27,26	R\$ 20,71
<b>TOTAL</b>			<b>624,51</b>	<b>R\$ 474,63</b>

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Constata-se que o consumo anual de energia é de 624,51 kWh e a previsão de economia com energia elétrica para o primeiro ano é de R\$ 474,63. Para a análise econômica, foram observados custos de manutenção com reajuste a uma taxa de 5% ao ano. Com base nessas premissas, observa-se na Tabela 23 o fluxo de caixa projetado para o período de 20 anos.

Tabela 23 – Fluxo de caixa projetado para o sistema de bombeamento fotovoltaico.

Ano	Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) *	Economia com energia (R\$)	Manutenção (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Fluxo de Caixa Descontado (R\$)	Saldo Descontado (R\$)
0				-R\$ 3.172,06	-R\$ 3.172,06	-R\$ 3.172,06
1	R\$ 0,76	R\$ 474,63	R\$ 60,00	R\$ 414,63	R\$ 389,69	-R\$ 2.782,37
2	R\$ 0,80	R\$ 496,55	R\$ 63,00	R\$ 433,55	R\$ 382,96	-R\$ 2.399,41
3	R\$ 0,83	R\$ 521,38	R\$ 66,15	R\$ 455,23	R\$ 377,92	-R\$ 2.021,49
4	R\$ 0,88	R\$ 547,44	R\$ 69,46	R\$ 477,99	R\$ 372,95	-R\$ 1.648,54
5	R\$ 0,92	R\$ 574,82	R\$ 72,93	R\$ 501,89	R\$ 368,04	-R\$ 1.280,50
6	R\$ 0,97	R\$ 603,56	R\$ 76,58	R\$ 526,98	R\$ 363,20	-R\$ 917,30
7	R\$ 1,01	R\$ 633,74	R\$ 80,41	R\$ 553,33	R\$ 358,42	-R\$ 558,88
8	R\$ 1,07	R\$ 665,42	R\$ 84,43	R\$ 581,00	R\$ 353,70	-R\$ 205,17
9	R\$ 1,12	R\$ 698,69	R\$ 88,65	R\$ 610,05	R\$ 349,05	R\$ 143,88
10	R\$ 1,17	R\$ 733,63	R\$ 93,08	R\$ 640,55	R\$ 344,46	R\$ 488,34
11	R\$ 1,23	R\$ 770,31	R\$ 97,73	R\$ 672,58	R\$ 339,93	R\$ 828,26
12	R\$ 1,30	R\$ 808,82	R\$ 102,62	R\$ 706,20	R\$ 335,45	R\$ 1.163,71
13	R\$ 1,36	R\$ 849,27	R\$ 107,75	R\$ 741,51	R\$ 331,04	R\$ 1.494,75
14	R\$ 1,43	R\$ 891,73	R\$ 113,14	R\$ 778,59	R\$ 326,68	R\$ 1.821,43
15	R\$ 1,50	R\$ 936,32	R\$ 118,80	R\$ 817,52	R\$ 322,38	R\$ 2.143,82
16	R\$ 1,57	R\$ 983,13	R\$ 124,74	R\$ 858,40	R\$ 318,14	R\$ 2.461,96
17	R\$ 1,65	R\$ 1.032,29	R\$ 130,97	R\$ 901,32	R\$ 313,96	R\$ 2.775,92
18	R\$ 1,74	R\$ 1.083,90	R\$ 137,52	R\$ 946,38	R\$ 309,83	R\$ 3.085,74
19	R\$ 1,82	R\$ 1.138,10	R\$ 144,40	R\$ 993,70	R\$ 305,75	R\$ 3.391,49
20	R\$ 1,91	R\$ 1.195,00	R\$ 151,62	R\$ 1.043,39	R\$ 301,73	R\$ 3.693,22
<b>TMA (%)</b>		<b>VLP</b>		<b>TIR</b>		<b>Payback Descontado</b>
6,40%		R\$ 3.693,22		16%		8 anos e 6 meses

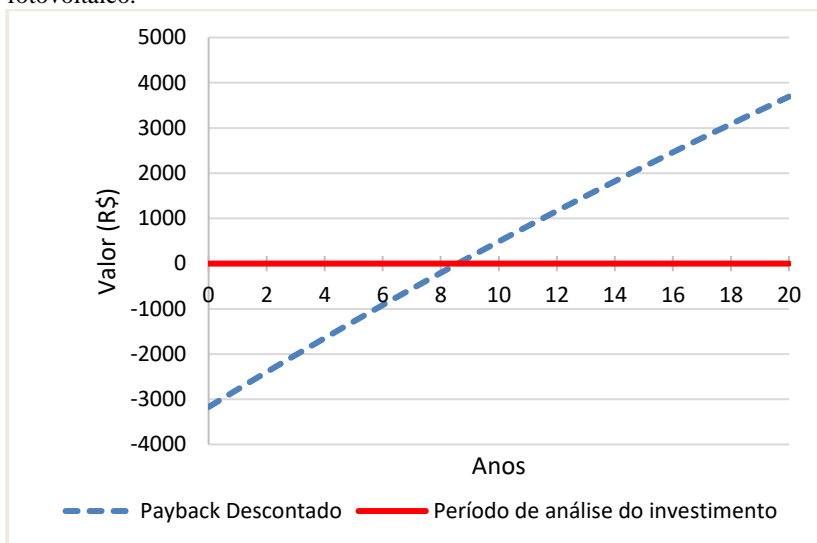
\* Reajuste de 5,0 % a.a. na Tarifa de Energia Elétrica.

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Observando os resultados dos métodos aplicados, constatou-se que a previsão de VPL para o final do vigésimo ano foi de R\$ 3.693,22 e a TIR, 16%. O *payback* descontado, considerando uma TMA de 6,40 % ao ano, proporcionou a recuperação do investimento em um período de oito anos e seis meses.

Foi verificado que todos os indicadores analisados apontaram para um investimento atrativo do ponto de vista econômico. Para melhor ilustrar, segue *payback* descontado conforme Figura 17.

Figura 17 – *Payback* Descontado projetado para o sistema de bombeamento fotovoltaico.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

#### 4.6 ANÁLISE AMBIENTAL

Para a análise ambiental, ponderou-se a redução total do consumo de energia elétrica convencional na UES em resposta ao aproveitamento da energia solar. Conforme visto no item 4.5, o consumo anual do sistema de aquecimento solar é de 6272 kWh e do sistema fotovoltaico é de 624,5 kWh, resultando em um total de 6896,5 kWh.

Considerando o fator médio de emissão do ano de 2017, igual a 0,0927 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh, foi possível quantificar a redução de CO<sub>2</sub> alcançada no projeto, conforme observado na Tabela 24.

Tabela 24 – Cálculo da redução de CO<sub>2</sub>.

<b>Consumo total (MWh)</b>	6,8965
<b>Fator médio de emissão de CO<sub>2</sub> (2017)</b>	0,0927
<b>Redução anual de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>)</b>	0,64
<b>Redução de CO<sub>2</sub> em 20 anos (tCO<sub>2</sub>)</b>	12,79

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Portanto, com o aproveitamento do recurso solar, a Unidade de Suinocultura deixará de emitir 0,64 toneladas de CO<sub>2</sub> em um ano. Analisando o benefício ambiental em 20 anos (tempo médio de vida útil dos equipamentos), a UES irá contribuir com a redução de 12,79 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Ademais, a energia solar traz diversos outros benefícios para o meio ambiente. Além de ser uma fonte de energia limpa, renovável e sustentável, possui manutenção simples e de baixo custo, apresenta um baixo impacto ambiental e pode ser aproveitada em diversas localidades, necessitando de áreas reduzidas para instalação.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O presente trabalho propôs avaliar a utilização de energia solar para aquecimento de água e bombeamento de água e efluentes em uma Unidade de Ensino de Suinocultura (UES). Foi verificado que as unidades pertencentes à UES possuem características favoráveis ao aproveitamento de energia solar, visto que possuem telhados com inclinações adequadas e uma das faces direcionada predominantemente para o norte. Ademais, a baixa ocorrência de sombreamentos nos galpões da UES favorece o alto rendimento dos painéis e coletores solares que serão instalados.

Na análise econômica, tanto o SAS como o SFV apresentaram valores atrativos nos três indicadores econômicos aplicados. Em termos de benefícios ambientais, constatou-se que os projetos de aproveitamento de energia solar contribuem de maneira satisfatória para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Além da redução das emissões de gases poluentes, outros benefícios ambientais foram levantados, como a necessidade de espaços reduzidos para instalação, o baixo impacto ambiental e a capacidade de renovação, por se tratar de uma fonte de energia inesgotável.

Diante dos fatos expostos, pode-se concluir que as implantações dos projetos de aquecimento solar e bombeamento fotovoltaico mostraram-se atrativas do ponto de vista econômico e ambiental. Assim, o presente projeto atingiu sua finalidade, contribuindo para a inclusão de tecnologias ambientalmente sustentáveis integradas a práticas inovadoras no planejamento de uma granja de suínos.

Como recomendação, sugere-se a realização de um projeto elétrico complementar, para integrar os componentes hidráulicos e elétricos do sistema de bombeamento fotovoltaico.





## 6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. \_\_\_\_\_. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro, 2004. 209 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15569: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto** - Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008. 36 p.

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Apresentação: O sistema de aquecimento solar e a realidade energética.** Marcelo Mesquita, 2010.

ALVES, Carlos A. et al. **Dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltáica Grid-Tie e Instalação de Planta de 3 kWp na Usina Ecoelétrica.** In: 8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP, 2015.

ANDRADE et al. **100 Dicas Técnicas - Aquecedores Solares de Água.** São Manuel: Universidade do Sol, 2005.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **A Tarifa de Energia Elétrica.** 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL**, de 24 de maio de 2017. Assunto: Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. ANEEL, 2017a.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.286, DE 15 DE AGOSTO DE 2017.** Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2017, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Celesc Distribuição S.A. DIÁRIO OFICIAL, 21/08/2017 - Seção: 1, Volume: 154, Número: 160, Página: 39. Retificações: Retificado no D.O. de 29.08.2017; Retificado no D.O. de 04.09.2017. ANEEL, 2017b.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 83, DE 20 DE SETEMBRO DE 2004.** Estabelece os procedimentos e as condições de

fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes - SIGFI. D.O. de 24.09.2004, seção 1, p. 126, v. 141, n. 185. ANEEL, 2004.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010.** Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. D.O. de 15.09.2010, seção 1, p. 115, v. 147, n. 177. ANEEL, 2010.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.** Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de 08.05.2012 e 19.09.2012. ANEEL, 2012a.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 493, DE 5 DE JUNHO DE 2012.** Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI. D.O. de 08.06.2012, seção 1, p. 103, v. 149, n. 110. ANEEL, 2012b.

**Atlas Solarimétrico do Brasil:** banco de dados solarimétricos / coordenador Chigueru Tiba et al.- Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p.

BALIAN, J. E. A.; BROM L. G. **Análise de investimentos e capital de giro:** conceitos e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2007. 132 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico de Metas para a Inflação no Brasil.** Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/Pec/metase/TabelaMetaseResultados.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2018a.

\_\_\_\_\_. **Taxa Selic: Dados Diários.** Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/https/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em: 06 abr. 2018b.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima** – Volume III/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações. **Fator médio – Inventários Corporativos**. Brasília: ministério da ciência, tecnologia, inovações comunicações. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html)>. Acesso em: 08 jun. 2018a.

\_\_\_\_\_. Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações. **Método da análise de despacho**. Brasília: ministério da ciência, tecnologia, inovações comunicações. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_despacho.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html)>. Acesso em: 08 jun. 2018b.

CELESC. **Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

COSTA, Eurides Ramos. **Limitações no uso de coletores solares sem cobertura para sistemas domésticos de aquecimento de água**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CRESESB. **Energia Solar: princípios e aplicações**. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. CEPTEL – CRESESB, 2006. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 30 set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Potencial Energético: Potencial Solar *SunData* v. 3.0**. 2017. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Aquecimento Solar de Água**. Abril, 2013. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=cse\\_aquecimento\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_aquecimento_solar)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

DJURIN, Bojan; MARGETA, Jure; GLASNOVIC, Zvonimir. **PV Power for Urban Water Supply**. IJES Vol.1 No.3 2011 PP.131-139.

DPAE - Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia. **Mapas**. Energia Elétrica: Localização das faturas de energia elétrica. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1S8tnVWkzLkUt2lzS9QIPBPn4OKY&ll=-27.576411627521907%2C-49.5645275&z=7>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

ELETROBRÁS. **Energia solar para aquecimento de água no Brasil**: contribuições da Eletrobrás Procel e Parceiros / Luiz Eduardo de Vasconcellos; Marcos Alexandre Couto Limberger (organizadores). Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012.

EMBRAPA. **Boas Práticas de Produção de Suínos**. Circular Técnica 50. Concórdia/SC, Dezembro de 2006. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_k5u59t7m.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7m.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2017**: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 292 p.

FATMA – Fundação do Meio Ambiente. **Instrução Normativa Nº 11**, versão Outubro/2014. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FRAIDENRAICH, Naum; VILELA, Olga de Castro. **Avanços em Sistemas de Abastecimento de Água Com Bombeamento Fotovoltaico Para Comunidades Rurais**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 4, n.3, Jul/Set 1999, 69-81.

GOMES, Heber Pimentel. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento**: Análise Econômica de Projetos. 2ª edição, 145p. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2009.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GREENPRO. **Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projecto e Instalação**. Janeiro, 2004 – Holanda, Alemanha, Itália, Reino Unido e Portugal (união Europeia).

GUAREZI, Natália Julia. **Projeto dos Sistemas Prediais de Água Fria e Quente em uma Unidade de Ensino de Suinocultura em Florianópolis**. 2018. 175 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GUIMARÃES, D. et al. **Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. BNDES Setorial, Brasil, v. 45, n. 3, p.85-136, mar. 2017.

HAUPTLI, Lucélia. **Projeto de extensão: Unidade de Ensino de Suinocultura na Fazenda Experimental da Ressacada – CCA – UFSC**. Lucélia Hauptli / Coordenadora. Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências Agrárias: Florianópolis, Jul. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal (PPM)**. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/media/com\\_materialdeapoio/arquivos/ea77821e06cad1457f9b35c1abe2137f.pdf](https://www.ibge.gov.br/media/com_materialdeapoio/arquivos/ea77821e06cad1457f9b35c1abe2137f.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2018.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **PBE - Coletor Solar aplicação Banho e Piscina: Tabelas de Consumo / Eficiência Energética**. Jun. 2017a.

\_\_\_\_\_. **PBE - Reservatórios Térmicos de alta e baixa pressão: Tabelas de Consumo / Eficiência Energética**. Jun. 2017b.

\_\_\_\_\_. **Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - Inversores Conectados à Rede (On Grid)**. Mar. 2017c.

\_\_\_\_\_. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Chuveiros Elétricos** - Edição 03/2016. Ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Tabela de Eficiência Energética – Sistema de energia fotovoltaica – Módulos** - Edição 2017. Abr. 2017d.

JAFFE, J. F.; ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. **Administração financeira**. Tradução: Antônio Zoratto Sanvicente. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 776 p.

LAUS, Marina Costa. **Projeto dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e Efluentes em uma Unidade de Ensino em Suinocultura em Florianópolis**. 2018. 137 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

LUDTKE, C. B. et al. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. Disponível em: <  
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/boas-praticas-e-bem-estar-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/programa-steps-abate-humanitario-de-suinos.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MESQUITA, L. C. S. **Eficiência de Coletores Solares Térmicos 1.ed.** São Manuel: Universidade do Sol, 2013.

NEVES, João Carlos Munhoz das. **Avaliação técnico – econômica de um aquecedor solar de água com tubos a vácuo na cidade de Cascavel – PR**. Dissertação (Mestrado) – Curso em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

NUNES, Henrique Graciano. **Manejo dos Efluentes Oriundos da Unidade de Ensino de Suinocultura da Ressacada - UFSC**. 2018. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

OLIVEIRA, L. G. et al. **Bem-estar animal aplicado nas criações de suínos e suas implicações na saúde dos rebanhos**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, ano XI, n. 21, jul. 2013. Disponível em:

<[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/YhtnLpAFRYLxnCV\\_2013-8-14-15-23-47.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/YhtnLpAFRYLxnCV_2013-8-14-15-23-47.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2018.

PEREIRA, E.B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. – São José dos Campos: INPE, 2006. 60p.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

RODRIGUES, Délcio. **Introdução ao Sistema de Aquecimento Solar**. Délcio Rodrigues/Coordenação. Brasília: 2010.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil** / Ricardo Rüther. – Florianópolis: LABSOLAR, 2004. 114 p.

\_\_\_\_\_. **The first grid-connected, building-integrated, thin film solar photovoltaic installation in Brazil**. Projeto de pesquisa financiado pela Fundação Alexander von Humboldt –Alemanha, 1996.

SALAMONI, Isabel Tourinho. **Metodologia Para Cálculo de Geração Fotovoltaica em Áreas Urbanas Aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 210 p.

SANTOS, A. R. **Rastreabilidade “do laboratório à mesa”: um estudo da cadeia produtiva da indústria de carne suína na empresa Doux**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2011.



SANTOS, Bruno Henrique Schappo. **Projeto de Sistema Descentralizado de Tratamento de Esgoto Sanitário de Unidade de Ensino de Produção Animal**. 2018. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SANTOS, F. A. **Bem-estar dos suínos**. Revista Eletrônica Nutritime, v. 1, n. 3, p. 101-116, nov.-dez. 2004.

SARUBBI, Juliana et al. **Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1003-1011, nov./dez. 2010.

SCHROEDER, J. T.; et al. **O Custo de Capital como Taxa Mínima de Atratividade na Avaliação de Projetos de Investimento**. Revista Gestão Industrial. v. 01, n. 02. 2005.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Entenda a cadeia produtiva da Suinocultura**. 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-a-cadeia-produtiva-da-suinocultura,94f89e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

SOUZA, C.V. et al. **Análise energética em sistemas de produção de suínos com aproveitamento dos dejetos como biofertilizante em pastagem**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.4, p.547-557, out./dez. 2009.

SOUZA, Ronilson di. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares**. Ribeirão Preto – SP: BlueSol Energia Solar, \_\_\_\_\_. Disponível em: <http://bluesol.com.br>. Acesso em: 1º out. 2017.

SPRENGER, R. L. **Aplicação do Sistema Fechado no Aquecedor Solar de Água de Baixo Custo para Reservatórios Residenciais Isolados Termicamente: concepção e comissionamento de um sistema-piloto de testes**. Dissertação (mestrado) – Curso de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

STUDART, Ticiana Marinha de Carvalho. **Sistemas de abastecimento de água: Hidráulica 2 - Bombas**. Curso de Especialização em Gestão Integrada de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas. Cariri: DEHA/UFC, 2015.

TALAMINI, D. J. D. et al. **Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação**. Custos e agronegócios online, v.2, out. 2006. Edição especial. Disponível em: <<http://custoseagrpnciosonline.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. **Fazenda Experimental da Ressacada – CCA – UFSC**. Disponível em: <[fazenda.ufsc.br](http://fazenda.ufsc.br)>. Acesso em: 2 nov. 2017.

VAN SARK, W.G.J.H.M, REICH, N.H. et al. (2012). **Review of PV performance ratio development**. Proceedings of the World Renewable Energy Forum, Denver, Colorado, pp. 4795-4800.



**APÊNDICE A – Projeto do Sistema de Aquecimento Solar (SAS):  
Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE B – Projeto do Sistema de Aquecimento Solar (SAS):  
Corte A, Corte B**

**APÊNDICE C – Projeto de Recalque dos Arcos de Desinfecção:  
Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes**

**APÊNDICE D – Casas de Bombas: Plantas Baixas, Cortes**

**APÊNDICE E – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de  
Gestação: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**



**APÊNDICE F – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de  
Creche: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE G – Projeto de Recalque de Nebulização - Unidade de  
Terminação: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE H – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade  
de Acesso: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE I – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade  
de Geração: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE J – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade  
de Maternidade: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE K – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade  
de Creche: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE L – Projeto de Recalque de Água da Chuva – Unidade  
de Terminação: Planta Baixa, Detalhe Isométrico**

**APÊNDICE M – Projeto de Recalque da Estação de Tratamento de  
Esgotos: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes**



**APÊNDICE N – Projeto de Recalque de Dejetos - Estação  
Elevatória: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes**

**APÊNDICE O – Projeto de Recalque de Dejetos - Estação de  
Tratamento: Planta Baixa, Detalhe Isométrico, Cortes**

## APÊNDICE P – Dimensionamento dos sistemas de recalque

Dimensionamento do sistema de recalque: arcos de desinfecção.

<b>Bicos aspersores</b>	(unid.)	32
<b>Vazão do bico</b>	(m³/h)	0,18
<b>Vazão Total</b>	(m³/h)	5,76
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min/dia)	20,00
<b>Pressão requerida no bico</b>	(mca)	31,63
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	6,41
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	32
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	40
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	2,20
	Recalque	12,88
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	29,1
	Recalque	48,50
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	1,48
<b>Perda de caga localizada (m)</b>	Sucção	2,67
	Recalque	4,68
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	3,53
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	43,99

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: nebulização – Unidade de Reprodução e Gestação.

<b>Bicos aspersores</b>	(unid.)	18
<b>Vazão do bico</b>	(m³/h)	0,0127
<b>Vazão Total</b>	(m³/h)	0,2286
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min/dia)	90,00
<b>Pressão requerida no bico</b>	(mca)	25
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	5,18
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	2,20
	Recalque	31,3
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,9
	Recalque	18,30
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	0,05
<b>Perda de caga localizada (m)</b>	Sucção	0,05
	Recalque	0,06
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	1,5
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	26,66

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: nebulização – Unidade de Creche.

<b>Bicos aspersores</b>	(unid.)	12
<b>Vazão do bico</b>	(m³/h)	0,0127
<b>Vazão Total</b>	(m³/h)	0,1524
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min/dia)	90,00
<b>Pressão requerida no bico</b>	(mca)	25
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	4,23
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	2,20
	Recalque	27,07
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,9
	Recalque	16,90
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	0,03
<b>Perda de caga localizada (m)</b>	Sucção	0,02
	Recalque	0,03
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	1,5
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	26,58

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: nebulização – Unidade de Crescimento e Terminação.

<b>Bicos X</b>	(unid.)	12
<b>Vazão do bico</b>	(m³/h)	0,0127
<b>Vazão Total</b>	(m³/h)	0,1524
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min/dia)	90,00
<b>Pressão requerida no bico</b>	(mca)	25
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	4,23
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	2,20
	Recalque	31,35
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,9
	Recalque	15,30
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	0,04
<b>Perda de caga localizada (m)</b>	Sucção	0,02
	Recalque	0,03
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	1,5
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	26,59

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: água da chuva – Unidade de Acesso.

<b>Volume bombeado</b>	(m³)	4,084
<b>Tempo de funcionamento</b>	(minutos/dia)	180
<b>Perda de vazão através do filtro</b>	%	10,00
<b>Vazão</b>	(m³/h)	1,5
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	15,77
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	0,85
	Recalque (m)	32,67
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	8,01
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,6
	Recalque	17,50
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	5,98
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	Sucção	1,45
	Recalque	3,61
<b>Pressão requerida no filtro</b>	(m.c.a)	15
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	34,05

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: água da chuva – Unidade de Geração.

<b>Volume bombeado</b>	(m³)	1,134
<b>Tempo de funcionamento</b>	(minutos/dia)	50
<b>Perda de vazão através do filtro</b>	%	10,00
<b>Vazão</b>	(m³/h)	1,5
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	11,45
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	0,85
	Recalque (m)	27,27
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	4,26
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,6
	Recalque	19,10
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	5,83
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	Sucção	1,45
	Recalque	3,92
<b>Pressão requerida no filtro</b>	(m.c.a)	15
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	30,46

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: água da chuva – Unidade de Maternidade.

<b>Volume bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	0,748
<b>Tempo de funcionamento</b>	(minutos/dia)	33
<b>Perda de vazão através do filtro</b>	%	10,00
<b>Vazão</b>	(m <sup>3</sup> /h)	1,5
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	10,32
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	0,85
	Recalque (m)	23,65
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	4,35
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,6
	Recalque	19,10
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	5,00
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	Sucção	1,45
	Recalque	3,92
<b>Pressão requerida no filtro</b>	(m.c.a)	15
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	29,72

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: água da chuva – Unidade de Creche.

<b>Volume bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	0,609
<b>Tempo de funcionamento</b>	(minutos/dia)	27
<b>Perda de vazão através do filtro</b>	%	10,00
<b>Vazão</b>	(m <sup>3</sup> /h)	1,5
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	9,80
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	0,85
	Recalque (m)	19,57
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	4,16
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,6
	Recalque	15,70
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	4,40
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	Sucção	1,45
	Recalque	3,75
<b>Pressão requerida no filtro</b>	(m.c.a)	15
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	28,75

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: água da chuva – Unidade de Terminação.

<b>Volume bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	1,238
<b>Tempo de funcionamento</b>	(minutos/dia)	54
<b>Perda de vazão através do filtro</b>	%	10,00
<b>Vazão</b>	(m <sup>3</sup> /h)	1,5
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	11,70
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	20
<b>Diâmetro de sucção</b>	(mm)	25
<b>Comprimento da tubulação (m)</b>	Sucção	0,85
	Recalque (m)	24,07
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	4,16
<b>Comprimento equivalente (m)</b>	Sucção (m)	17,6
	Recalque	19,10
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	5,04
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	Sucção	1,45
	Recalque	3,92
<b>Pressão requerida no filtro</b>	(m.c.a)	15
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	29,57

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: estação de tratamento de dejetos.

<b>Volume bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	2,83
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min)	18,00
<b>Vazão</b>	(m <sup>3</sup> /h)	9,42
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	22,24
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	50
<b>Comprimento da tubulação de recalque</b>	(m)	25,77
<b>Comprimento equivalente de recalque</b>	(m)	26,90
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	1,98
<b>Perda de carga localizada</b>	(m)	2,07
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	3,25
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	7,30

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dimensionamento do sistema de recalque: estação elevatória de dejetos.

<b>Volume bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	2,83
<b>Tempo de funcionamento</b>	(min)	30,00
<b>Vazão</b>	(m <sup>3</sup> /h)	5,65
<b>Diâmetro de recalque calculado</b>	(mm)	19,57
<b>Diâmetro de recalque adotado</b>	(mm)	50
<b>Comprimento da tubulação de recalque</b>	(m)	4,93
<b>Comprimento equivalente de recalque</b>	(m)	19,00
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	0,15
<b>Perda de carga localizada</b>	(m)	0,57
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	4,53
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	5,25

Fonte: Desenvolvido pela autora.

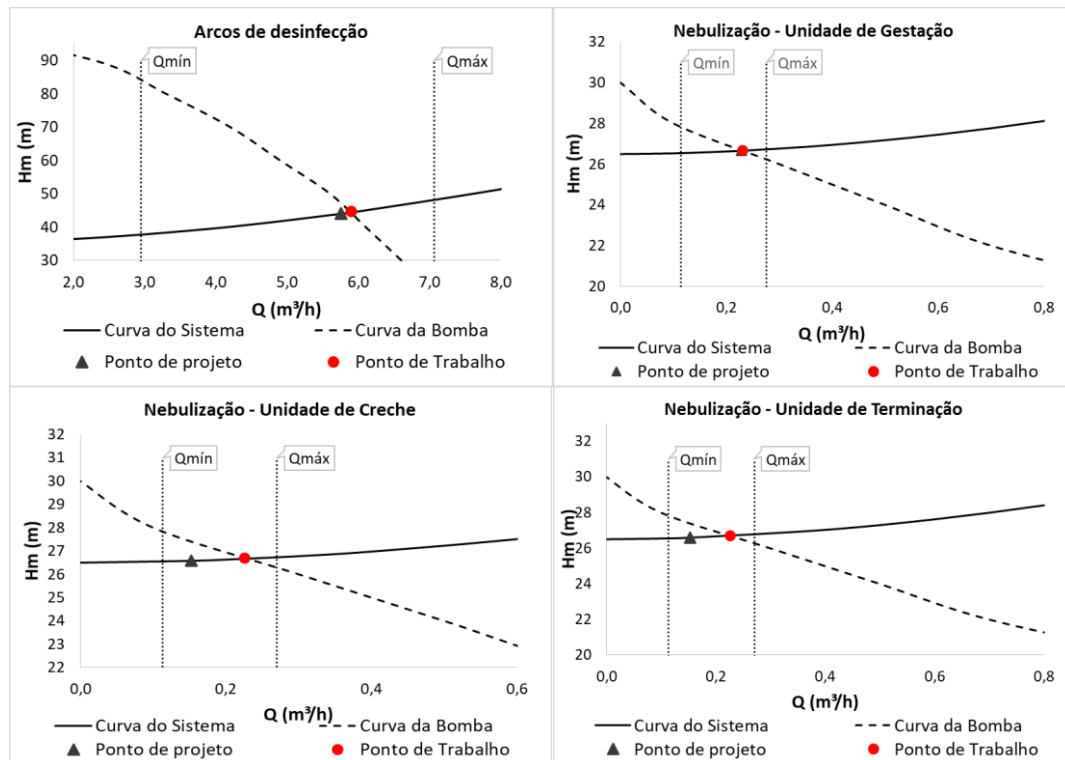
Dimensionamento do sistema de recalque: estação de tratamento de esgotos.

<b>Número de aplicações</b>	(dia <sup>-1</sup> )	4
<b>Volume diário bombeado</b>	(m <sup>3</sup> )	1,75
<b>Volume bombeado por aplicação</b>	(m <sup>3</sup> )	0,44
<b>Tempo de funcionamento por aplicação</b>	(min)	5,00
<b>Vazão para aplicação</b>	(m <sup>3</sup> /h)	5,25
<b>Vazão total de recalque</b>	(m <sup>3</sup> /h)	12,30
<b>Diâmetro de recalque calculado (vazão total)</b>	(mm)	18,45
<b>Diâmetro de recalque adotado (vazão total)</b>	(mm)	50
<b>Diâmetro de recalque calculado (vazão de tratamento)</b>	(mm)	12,05
<b>Diâmetro de recalque adotado (vazão de tratamento)</b>	(mm)	40
<b>Diâmetro de recirculação calculado</b>	(mm)	13,96
<b>Diâmetro de recirculação adotado</b>	(mm)	40
<b>Comprimento da tubulação de recalque</b>	(m)	12,84
<b>Comprimento equivalente de recalque</b>	(m)	51,55
<b>Perda de carga distribuída</b>	(m)	0,51
<b>Perda de carga localizada</b>	(m)	3,15
<b>Coef. rugosidade (PVC)</b>	-	140
<b>Desnível geométrico</b>	(m)	0,66
<b>Altura manométrica total</b>	(m)	4,33

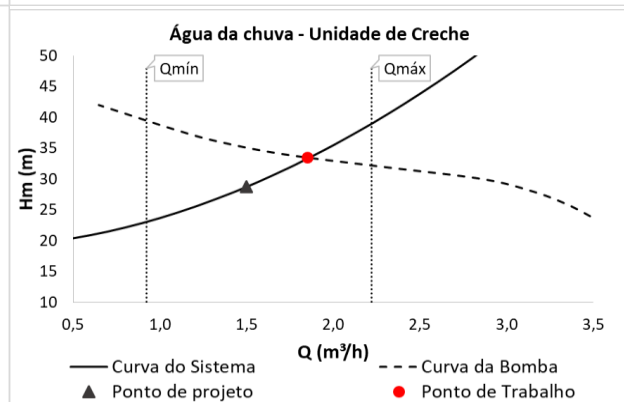
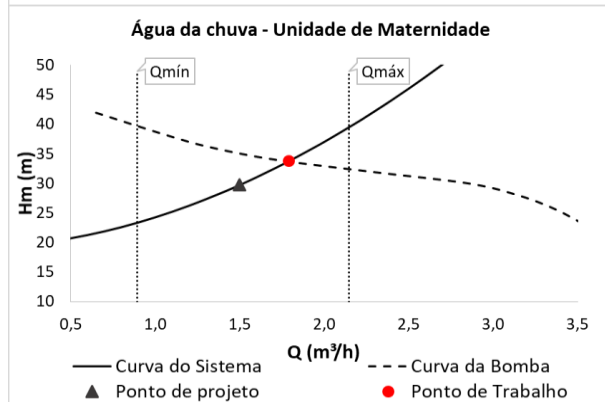
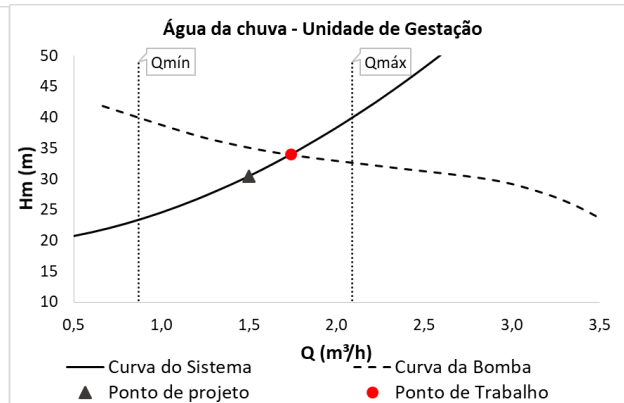
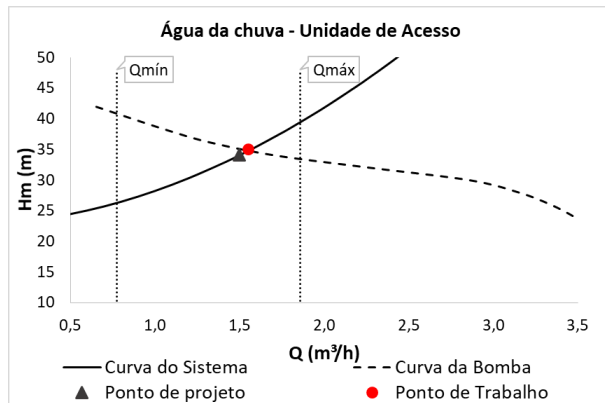
Fonte: Desenvolvido pela autora.



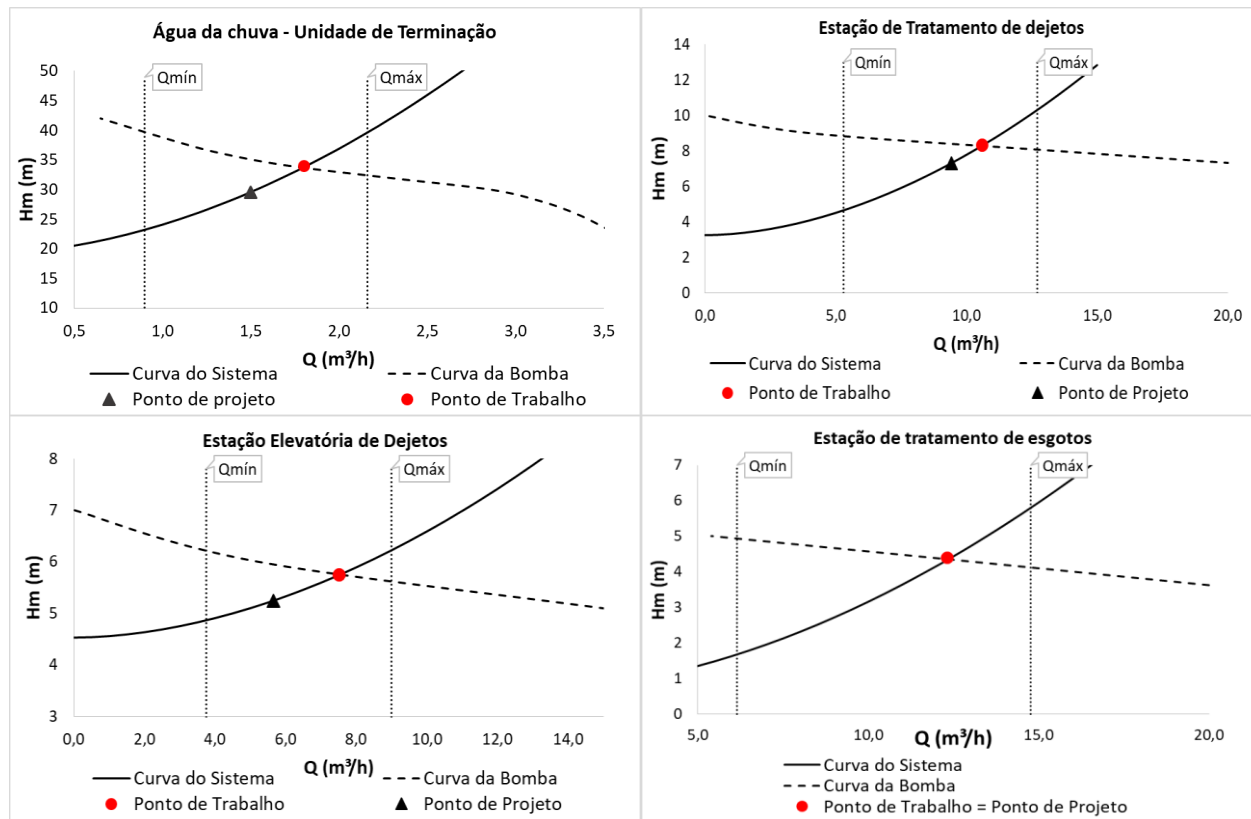
## APÊNDICE Q – Curvas do Sistema X Curvas da Bomba



Fonte: Desenvolvido pela autora.



Fonte: Desenvolvido pela autora.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

## APÊNDICE R – Quantitativo de materiais dos conjuntos motobomba e sistema fotovoltaico

Quantitativo de materiais: Arcos de desinfecção.

Material	Quant.	Unidade	Valor unit.	Valor Total	Fonte
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 40 mm X 1 1/4", para	1	un.	R\$ 18,45	R\$ 18,45	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	3	m³	R\$ 70,00	R\$ 210,00	SINAPI
Bico Arco Rodoluvél Desinfecção Em Latão, Granjas e Aviários	32	un.	R\$ 8,60	R\$ 275,20	Agripulveriza
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	1700	un.	R\$ 0,37	R\$ 629,00	SINAPI
Bomba Multiestágio Thebe TBO-1811, 1,5 CV	2	un.	R\$ 2.269,99	R\$ 4.539,98	Thebe
Bucha de redução de PVC, longa, 40 X 32 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,30	R\$ 2,60	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	332	kg	R\$ 0,47	R\$ 156,04	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	7	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 167,65	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 32 mm, para água fria predial (NBR 5648)	7	un.	R\$ 4,72	R\$ 33,04	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 40 mm, para água fria predial (NBR 5648)	3	un.	R\$ 8,57	R\$ 25,71	SINAPI
Eletrô Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 32 mm	2	un.	R\$ 12,91	R\$ 25,82	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 40 mm	2	un.	R\$ 17,27	R\$ 34,54	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 32 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 1,99	R\$ 3,98	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 40 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 5,15	R\$ 5,15	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 32 mm, água fria (NBR-5648)	23	M	R\$ 6,24	R\$ 143,52	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 40 mm, água fria (NBR-5648)	3	M	R\$ 9,10	R\$ 27,30	SINAPI
União PVC, soldável, 32mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 9,47	R\$ 18,94	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 40mm	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Tigre
Válvula de retenção soldável 32 mm	2	un.	R\$ 56,90	R\$ 113,80	Tigre
<b>TOTAL (para um arco de desinfecção)</b>				<b>R\$ 6.490,72</b>	
<b>TOTAL (para os dois arcos de desinfecção)</b>				<b>R\$ 12.981,44</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: nebulização da Unidade de Reprodução e Geração.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Nebulizador NA-1 com base de rosca de 1/4" Agrojet	2	pacote com 10 un.	R\$ 11,00	R\$ 22,00	Agrojet
Bomba Autoaspirante APP-13 Thebe, 1/4CV	2	un.	R\$ 610,00	R\$ 1.220,00	Thebe
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Chulinha de 1/4 para vedação	1	pacote com 25 un.	R\$ 11,00	R\$ 11,00	Agrojet
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	7	un.	R\$ 1,62	R\$ 11,34	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	3	un.	R\$ 2,33	R\$ 6,99	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	3	un.	R\$ 6,69	R\$ 20,07	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 0,58	R\$ 1,16	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	66	M	R\$ 2,19	R\$ 144,54	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	3	M	R\$ 2,91	R\$ 8,73	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.570,21</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: nebulização da Unidade de Creche.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Nebulizador NA-1 com base de rosca de 1/4" Agrojet	2	pacote com 10 un.	R\$ 11,00	R\$ 22,00	Agrojet
Bomba Autoaspirante APP-13 Thebe, 1/4CV	2	un.	R\$ 610,00	R\$ 1.220,00	Thebe
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Chulinha de 1/4 para vedação	1	pacote com 25 un.	R\$ 11,00	R\$ 11,00	Agrojet
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	8	un.	R\$ 1,62	R\$ 12,96	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	3	un.	R\$ 2,33	R\$ 6,99	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	3	un.	R\$ 6,69	R\$ 20,07	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	10	un.	R\$ 0,58	R\$ 5,80	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	85	M	R\$ 2,19	R\$ 186,15	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	3	M	R\$ 2,91	R\$ 8,73	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.618,08</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: nebulização da Unidade de Crescimento e terminação.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Nebulizador NA-1 com base de rosca de 1/4" Agrojet	2	pacote com 10 un.	R\$ 11,00	R\$ 22,00	Agrojet
Bomba Autoaspirante APP-13 Thebe, 1/4CV	2	un.	R\$ 610,00	R\$ 1.220,00	Thebe
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Chulinha de 1/4 para vedação	1	pacote com 25 un.	R\$ 11,00	R\$ 11,00	Agrojet
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	8	un.	R\$ 1,62	R\$ 12,96	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	3	un.	R\$ 2,33	R\$ 6,99	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	3	un.	R\$ 6,69	R\$ 20,07	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 0,58	R\$ 1,16	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	58	M	R\$ 2,19	R\$ 127,02	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	3	M	R\$ 2,91	R\$ 8,73	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.554,31</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: captação de água da chuva da Unidade de Acesso.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Adaptador PVC Soldável com bolsa e rosca, 20 mm X 1/2", para água fria	2	un.	R\$ 0,50	R\$ 1,00	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	11	m³	R\$ 70,00	R\$ 770,00	SINAPI
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	6675	un.	R\$ 0,37	R\$ 2.469,75	SINAPI
Bomba Autoaspirante Versajet VJ-07, 3/4 CV, Schneider	2	un.	R\$ 1.294,45	R\$ 2.588,90	Schneider
Bomba dosadora de cloro 500 mL/h Exatta EX00504	2	un.	R\$ 747,15	R\$ 1.494,30	Exatta
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Bucha de redução de PVC, longa, 32 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,38	R\$ 2,76	SINAPI
Bucha de redução de PVC, curta, 32 X 25 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,61	R\$ 1,22	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	1306	kg	R\$ 0,47	R\$ 613,82	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	27	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 646,65	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	15	un.	R\$ 1,62	R\$ 24,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 2,33	R\$ 4,66	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	4	un.	R\$ 6,69	R\$ 26,76	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	4	un.	R\$ 0,58	R\$ 2,32	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	39	M	R\$ 2,19	R\$ 85,41	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	1	M	R\$ 2,91	R\$ 2,91	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
Válvula Solenoide para Água 12V 180° (½ x ½)	2	un.	R\$ 37,90	R\$ 75,80	Baú da eletrônica
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 8.934,94</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.



## Quantitativo de materiais: captação de água da chuva da Unidade de Gestão.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Adaptador PVC Soldável com bolsa e rosca, 20 mm X 1/2", para água fria	2	un.	R\$ 0,50	R\$ 1,00	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	13	m³	R\$ 70,00	R\$ 910,00	SINAPI
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	8530	un.	R\$ 0,37	R\$ 3.156,10	SINAPI
Bomba Autoaspirante Versajet VJ-07, 3/4 CV, Schneider	2	un.	R\$ 1.294,45	R\$ 2.588,90	Schneider
Bomba dosadora de cloro 500 mL/h Exatta EX00504	2	un.	R\$ 747,15	R\$ 1.494,30	Exatta
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Bucha de redução de PVC, longa, 32 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,38	R\$ 2,76	SINAPI
Bucha de redução de PVC, curta, 32 X 25 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,61	R\$ 1,22	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	1670	kg	R\$ 0,47	R\$ 784,90	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	34	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 814,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	15	un.	R\$ 1,62	R\$ 24,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 2,33	R\$ 4,66	SINAPI
Eleto Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	4	un.	R\$ 6,69	R\$ 26,76	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	4	un.	R\$ 0,58	R\$ 2,32	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	29	M	R\$ 2,19	R\$ 63,51	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	1	M	R\$ 2,91	R\$ 2,91	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
Válvula Solenoide para Água 12V 180° (½ x ½)	2	un.	R\$ 37,90	R\$ 75,80	Baú da eletrônica
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 10.078,12</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: captação de água da chuva da Unidade de Maternidade.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Adaptador PVC Soldável com bolsa e rosca, 20 mm X 1/2", para água fria	2	un.	R\$ 0,50	R\$ 1,00	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	11	m³	R\$ 70,00	R\$ 770,00	SINAPI
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	6675	un.	R\$ 0,37	R\$ 2.469,75	SINAPI
Bomba Autoaspirante Versajet VJ-07, 3/4 CV, Schneider	2	un.	R\$ 1.294,45	R\$ 2.588,90	Schneider
Bomba dosadora de cloro 500 mL/h Exatta EX00504	2	un.	R\$ 747,15	R\$ 1.494,30	Exatta
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Bucha de redução de PVC, longa, 32 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,38	R\$ 2,76	SINAPI
Bucha de redução de PVC, curta, 32 X 25 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,61	R\$ 1,22	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	1306	Kg	R\$ 0,47	R\$ 613,82	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	27	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 646,65	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	15	un.	R\$ 1,62	R\$ 24,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 2,33	R\$ 4,66	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	4	un.	R\$ 6,69	R\$ 26,76	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	4	un.	R\$ 0,58	R\$ 2,32	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	26	M	R\$ 2,19	R\$ 56,94	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	1	M	R\$ 2,91	R\$ 2,91	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
Válvula Solenoide para Água 12V 180° (½ x ½)	2	un.	R\$ 37,90	R\$ 75,80	Baú da eletrônica
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 8.906,47</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Quantitativo de materiais: captação de água da chuva da Unidade de Creche.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Adaptador PVC Soldável com bolsa e rosca, 20 mm X 1/2", para água fria	2	un.	R\$ 0,50	R\$ 1,00	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	13	m³	R\$ 70,00	R\$ 910,00	SINAPI
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	8530	un.	R\$ 0,37	R\$ 3.156,10	SINAPI
Bomba Autoaspirante Versajet VJ-07, 3/4 CV, Schneider	2	un.	R\$ 1.294,45	R\$ 2.588,90	Schneider
Bomba dosadora de cloro 500 mL/h Exatta EX00504	2	un.	R\$ 747,15	R\$ 1.494,30	Exatta
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Bucha de redução de PVC, longa, 32 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,38	R\$ 2,76	SINAPI
Bucha de redução de PVC, curta, 32 X 25 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,61	R\$ 1,22	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	1670	Kg	R\$ 0,47	R\$ 784,90	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	34	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 814,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	14	un.	R\$ 1,62	R\$ 22,68	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 2,33	R\$ 4,66	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	3	un.	R\$ 6,69	R\$ 20,07	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	3	un.	R\$ 0,58	R\$ 1,74	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	20	M	R\$ 2,19	R\$ 43,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	1	M	R\$ 2,91	R\$ 2,91	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
Válvula Solenoide para Água 12V 180° (½ x ½)	1	un.	R\$ 37,90	R\$ 37,90	Baú da eletrônica
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 10.011,62</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

## Quantitativo de materiais: captação de água da chuva da Unidade de Terminação.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm X 3/4", para Caixa d'água	1	un.	R\$ 10,70	R\$ 10,70	SINAPI
Adaptador PVC Soldável com bolsa e rosca, 20 mm X 1/2", para água fria	2	un.	R\$ 0,50	R\$ 1,00	SINAPI
Areia Fina - p/ casa de bombas	13	m³	R\$ 70,00	R\$ 910,00	SINAPI
Bloco cerâmico, 6 furos, de 9 X 14 X 19 cm - p/ casa de bombas	8530	un.	R\$ 0,37	R\$ 3.156,10	SINAPI
Bomba Autoaspirante Versajet VJ-07, 3/4 CV, Schneider	2	un.	R\$ 1.294,45	R\$ 2.588,90	Schneider
Bomba dosadora de cloro 500 mL/h Exatta EX00504	2	un.	R\$ 747,15	R\$ 1.494,30	Exatta
Bucha de redução de PVC, curta, 25 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,32	R\$ 0,64	SINAPI
Bucha de redução de PVC, longa, 32 X 20 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 1,38	R\$ 2,76	SINAPI
Bucha de redução de PVC, curta, 32 X 25 mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 0,61	R\$ 1,22	SINAPI
Cal hidratada CH-I para argamassas - p/ casa de bombas	1670	Kg	R\$ 0,47	R\$ 784,90	SINAPI
Cimento Portland Composto CP II-32 (Saco de 50 kg) - p/ casa de bombas	34	50 kg	R\$ 23,95	R\$ 814,30	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	13	un.	R\$ 1,62	R\$ 21,06	SINAPI
Curva de PVC 90°, soldável, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	2	un.	R\$ 2,33	R\$ 4,66	SINAPI
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 20 mm	4	un.	R\$ 6,69	R\$ 26,76	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 25 mm	2	un.	R\$ 8,02	R\$ 16,04	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 20 mm, para água fria predial (NBR 5648)	4	un.	R\$ 0,58	R\$ 2,32	SINAPI
Tê soldável, PVC, 90°, 25 mm, para água fria predial (NBR 5648)	1	un.	R\$ 0,80	R\$ 0,80	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 20 mm, água fria (NBR-5648)	27	M	R\$ 2,19	R\$ 59,13	SINAPI
Tubo PVC, soldável, DN 25 mm, água fria (NBR-5648)	1	M	R\$ 2,91	R\$ 2,91	SINAPI
União PVC, soldável, 20mm, para água fria predial	2	un.	R\$ 4,75	R\$ 9,50	SINAPI
Válvula De Pé Com Crivo PVC Soldável 25mm	1	un.	R\$ 9,90	R\$ 9,90	Tigre
Válvula de retenção soldável 20 mm	2	un.	R\$ 23,40	R\$ 46,80	Higiban
Válvula Solenoide para Água 12V 180° (½ x ½)	2	un.	R\$ 37,90	R\$ 75,80	Baú da eletrônica
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 10.070,50</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Quantitativo de materiais: estação de tratamento de dejetos.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Bomba Centrífuga Submersível Thebe TSB 250, 2 CV	2	un.	R\$ 3.677,20	R\$ 7.354,40	Schneider
Curva 90° Curta Esgoto 50mm	10	un.	R\$ 8,59	R\$ 85,90	Tigre
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Redução PVC para esgoto DN 75 X 50mm	2	un.	R\$ 2,55	R\$ 5,10	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 50 mm	3	un.	R\$ 17,83	R\$ 53,49	SINAPI
Tê em PVC para Esgoto 50mm	1	un.	R\$ 8,59	R\$ 8,59	Tigre
Tubo PVC Esgoto DN 50mm	10	3 m	R\$ 19,90	R\$ 199,00	Tigre
União PVC, soldável, 50mm	3	un.	R\$ 21,77	R\$ 65,31	SINAPI
Válvula de retenção soldável 50 mm	2	un.	R\$ 39,49	R\$ 78,98	Tigre
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 7.880,77</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Quantitativo de materiais: estação elevatória de dejetos.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Bomba Centrífuga Submersível Thebe TSB 250, 1 CV	2	un.	R\$ 3.564,00	R\$ 7.128,00	Schneider
Curva 90° Curta Esgoto 50mm	3	un.	R\$ 8,59	R\$ 25,77	Tigre
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Redução PVC para esgoto DN 75 X 50mm	2	un.	R\$ 2,55	R\$ 5,10	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 50 mm	3	un.	R\$ 17,83	R\$ 53,49	SINAPI
Tê em PVC para Esgoto 50mm	1	un.	R\$ 8,59	R\$ 8,59	Tigre
Tubo PVC Esgoto DN 50mm	3	3 m	R\$ 19,90	R\$ 59,70	Tigre
União PVC, soldável, 50mm	2	un.	R\$ 21,77	R\$ 43,54	SINAPI
Válvula de retenção soldável 50 mm	2	un.	R\$ 39,49	R\$ 78,98	Tigre
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 7.433,17</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Quantitativo de materiais: estação de tratamento de esgotos.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Bomba Centrífuga Submersível Schneider BCS-350, 1/2 CV	2	un.	R\$ 3.328,32	R\$ 6.656,64	Schneider
Bucha de redução de PVC, soldável, longa, DN 50 X 40 mm, para esgoto	2	un.	R\$ 1,82	R\$ 3,64	Tigre
Curva 90° Curta Esgoto 40mm	5	un.	R\$ 4,29	R\$ 21,45	Tigre
Curva 90° Curta Esgoto 50mm	2	un.	R\$ 8,59	R\$ 17,18	Tigre
Eletro Bóia Schneider	1	un.	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Schneider
Redução PVC para esgoto DN 75 X 50mm	2	un.	R\$ 2,55	R\$ 5,10	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 40 mm	1	un.	R\$ 17,27	R\$ 17,27	SINAPI
Registro de esfera, PVC, com volante, VS, soldável, DN 50 mm	2	un.	R\$ 17,83	R\$ 35,66	SINAPI
Tê em PVC para Esgoto 40mm	3	un.	R\$ 3,59	R\$ 10,77	Tigre
Tê em PVC para Esgoto 50mm	2	un.	R\$ 8,59	R\$ 17,18	Tigre
Tubo PVC Esgoto DN 40mm	12	3 m	R\$ 13,08	R\$ 156,96	Tigre
Tubo PVC Esgoto DN 50mm	1	3 m	R\$ 19,90	R\$ 19,90	Tigre
União PVC, soldável, 50mm	2	un.	R\$ 21,77	R\$ 43,54	SINAPI
Válvula de retenção soldável 50 mm	2	un.	R\$ 39,49	R\$ 78,98	Tigre
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 7.114,27</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

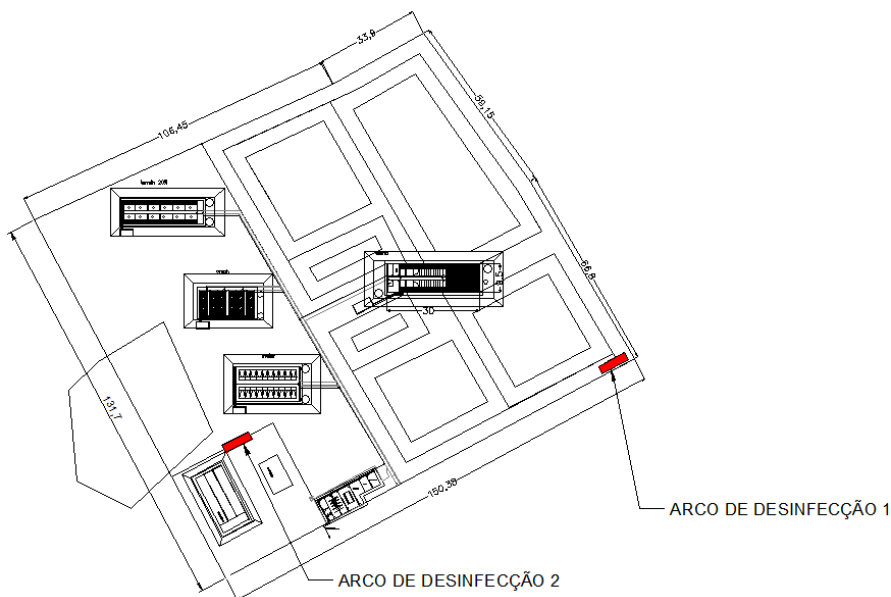
Quantitativo de materiais: sistema fotovoltaico.

<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Fonte</b>
Placa Solar Fotovoltaica Axitec 300 W 60 células	2	un.	R\$ 800,00	R\$ 1.600,00	Axitec
Micro Inversor Solar Hoymiles Mi-500, 500 W	1	un.	R\$ 1.572,06	R\$ 1.572,06	Hoymiles
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 3.172,06</b>	

Fonte: Desenvolvido pela autora.



## ANEXO A – Localização dos arcos de desinfecção



Fonte: Adaptado de HAUPTLI (2017).



## ANEXO B – Especificações técnicas dos fabricantes

Especificações técnicas do coletor solar.

<b>Empresa</b>	Maxsun produtos Solares Ltda ME
<b>Marca</b>	Maxsun
<b>Modelo</b>	Coletor de 30 Tubos BP
<b>Área do coletor</b>	4,25
<b>Classificação</b>	A
<b>Eficiência energética média (%)</b>	68,3
<b>Coefficiente de ganho do coletor solar (F<sub>rrα</sub>)</b>	0,736
<b>Coefficiente de perdas do coletor solar (F<sub>rUL</sub>)</b>	1,710

Fonte: INMETRO (2017a).

Especificações técnicas do reservatório térmico.

<b>Empresa</b>	Tempersol Industria e Comércio de Aquecedores Ltda EPP
<b>Marca</b>	Tempersol
<b>Modelo</b>	BP-1000
<b>Opção de Seleção: BP / AP</b>	Baixa Pressão
<b>Volume (L)</b>	1000
<b>Pressão de funcionamento (mca)</b>	4
<b>Material do corpo interno</b>	Aço Inox AISI 316 *
<b>Potência da resistência (kW)</b>	4,0

Fonte: INMETRO (2017b); \* dados fornecidos pelo revendedor.

Especificações técnicas dos bicos aspersores.

<b>Marca</b>	Pulvesplay *	Agrojet **
<b>Modelo</b>	Bico arco rodolúvel em latão	Nebulizador NA-1 com rosca de 1/4"
<b>Pressão mínima (mc.a)</b>	32	25
<b>Vazão</b>	3 a 5 litros/min	12,7 litros/hora
<b>Aplicação</b>	Arco de desinfecção	Nebulização

Fonte: \* Pesquisa Mercado Livre. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-892996538-bico-arco-rodoluv-el-desinfecco-em-lato-granjas-e-aviarios-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-892996538-bico-arco-rodoluv-el-desinfecco-em-lato-granjas-e-aviarios-_JM)>. Acesso em: 05 de Maio de 2018.

\*\* Agrojet. Disponível em: <[http://www.agrojet.com.br/produtos\\_detalhes.php?cat=57&l=br&pro=607](http://www.agrojet.com.br/produtos_detalhes.php?cat=57&l=br&pro=607)>. Acesso em: 10 de Maio de 2018.

Especificações técnicas do filtro rápido.

<b>Empresa</b>	Jojaco	Jojaco
<b>Modelo</b>	J190	J240
<b>Vazão máxima (litros/h)</b>	2000	2500
<b>Capacidade mensal (m<sup>3</sup>)</b>	30	100
<b>Pressão de funcionamento (mca)</b>	10 a 30 *	10 a 30 *
<b>Material do cilindro</b>	Aço Inox 304	Aço Inox 304
<b>Material das conexões</b>	PVC 25 mm	PVC 25 mm
<b>Perda de carga (%)</b>	5 a 10 *	5 a 10 *

Fonte: Jojaco Filtros. Produtos – Linha Residencial. Disponível em: <<http://www.jojaco.com.br/index.php?id=produtos2&cod=35>>. Acesso em: 27 de maio de 2018; \* Dados fornecidos pelo revendedor.

Especificações técnicas do módulo fotovoltaico.

<b>Empresa</b>	Axitec Componentes Solares do Brasil Ltda
<b>Marca</b>	Axitec
<b>Modelo</b>	AC-300P/156-72S
<b>Área da placa</b>	1,94
<b>Classificação</b>	A
<b>Potência (W)</b>	300
<b>Tensão em circuito aberto em condições padrão (V)</b>	45,58
<b>Varição da tensão em circuito aberto (%/°C)</b>	-0,30
<b>Tensão MPP nas condições padrão (V)</b>	36,73
<b>Varição da tensão MPP (%/°C)</b>	-0,42
<b>Corrente de curto-circuito do módulo (A)</b>	8,71

Fonte: INMETRO (2017d); dados retirados da ficha técnica do produto.

















Especificações técnicas do inversor.

<b>Empresa</b>	W M Lauudisio Junior - ME
<b>Marca</b>	Hoymiles
<b>Modelo</b>	MI-500
<b>Potência (W)</b>	500
<b>Tensão DC máxima de entrada (V)</b>	60
<b>Tensão mínima de entrada (V)</b>	16
<b>Corrente máxima de entrada (A)</b>	10,5

Fonte: INMETRO (2017c); dados retirados da ficha técnica do produto.

## ANEXO C – Tabela de perdas de carga localizadas

Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso.

Tabela de comprimentos equivalentes em metros de canalização, para cálculo das perdas de carga localizadas.											
CONEXÃO		Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização									
		Material	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
Curva 90°		PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
		Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45°		PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°		PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
		Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°		PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
		Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de passagem direta		PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
		Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de saída lateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de saída bilateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União		PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
		Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
Saída de canalização		PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9
		Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0
Luva de redução (*)		PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2
		Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07
Registro de gaveta ou esfera aberto		PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
Registro de globo aberto		Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0
Registro de ângulo aberto		Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0
Válvula de pé com crivo		PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4
		Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0
Válvula de Retenção	Horizontal 	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical 	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1

Fonte: SCHNEIDER (2017).

Nota: Os valores acima estão de acordo com a NBR 5626/82 e Tabela de Perda de Carga da Tigre para PVC rígido e cobre, e NBR 92/80 e Tabela de Perda de Carga Tupy para ferro fundido galvanizado, bronze ou latão.